

Алгоритм проведения расчетов по механике комплекса «промысловое судно – кошельковый невод»

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

При работе на промысле все основные операции с кошельковым неводом осуществляются с промыслового судна – сейнера. Сейнер связан с неводом посредством стяжного троса (рис. 1). Все три элемента (невод, стяжной трос, сейнер) составляют единую механическую систему, в которой движение и положение каждого из элементов зависят от движения и положения других элементов. Попытки отдельных авторов рассматривать изолированно промысловое судно или невод приводят порой к результатам, противоречащим физической сущности явлений, происходящих при кошельковом лове рыбы.

Основным недостатком при расчетах устойчивости сейнеров при кошельковании и выборке является отсутствие единых физических и математических моделей для комплекса «кошельковый невод – промысловое судно» и единого алгоритма расчета этого комплекса.

В КГТУ разработаны решения, позволяющие проводить расчеты по механике комплекса, состоящего из промыслового судна и кошелькового невода, от начала погружения нижней подборки на глубину, определяемую высотой сетной стенки невода, до конца кошелькования. Общая последовательность проведения расчетов представлена на рис. 2.

Расчеты могут быть выполнены по двум вариантам. По **первому варианту**, на ранних стадиях проектирования, они предусматривают определение осредненных по высоте сетного полотна характеристик невода, осредненных по длине характеристик стяжного троса и нахождение по ним характеристик судна. По **второму варианту**, на более поздних стадиях проектирования, сетное полотно невода и стяжной трос разбиваются на отдельные участки и производится подробный пошаговый расчет для каждого из них. Затем находят характеристики судна.

Рассмотрим последовательность проведения расчетов по первому и второму вариантам.

Входные данные можно условно разделить на четыре вида характеристик: сетного полотна; стяжного троса; промыслового судна, прочие.

Необходимыми для расчетов данными (входными данными) по сетному полотну являются следующие: диаметр нити сетного полотна; расстояние между узлами ячеи сети (шаг ячеи); коэффициенты посадки сетного полотна; радиусы окружностей, по которым расположены нижняя и верхняя подборки; наибольшая глубина погружения нижней подборки невода; угол между образующей конуса, образуемого сетным полотном и вертикалью; диаметр нижней кромки; коэффициенты сопротивления нижней кромки сетного полотна; сопротивление плоской сети при поперечном обтекании; сопротивление плоской сети при продольном обтекании; сопротивление сетного жгута; безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий, что габаритный объем сетной полосы всегда больше объема материала полосы; сила тяжести 1 м^2 фиктивной площади сетного полотна в воде; плотность материала ниток; модуль

упругости материала ниток сетного полотна; коэффициент Пуассона материала ниток сетного полотна.

Необходимыми для расчетов данными (входными данными) по стяжному тросу являются: диаметр стяжного троса; длина хорды стяжного троса (расстояние между точками пересечения стяжного троса с нижней подборкой и со свободной поверхностью воды); начальный угол стяжного троса (угол между вертикалью и касательной к линии стяжного троса в нижней точке троса); коэффициент сопротивления стяжного троса поперечному обтеканию; сила тяжести 1 м стяжного троса в воздухе; сила тяжести стяжного троса в воде; модуль продольной упругости или модуль Юнга материала стяжного троса.

Необходимыми для расчетов данными (входными данными) по промысловому судну являются: длина, осадка, водоизмещение судна; поперечная метацентрическая и продольная метацентрическая высота судна; площадь ватерлинии; коэффициент, учитывающий отклонение бортов от вертикали; аппликата точки

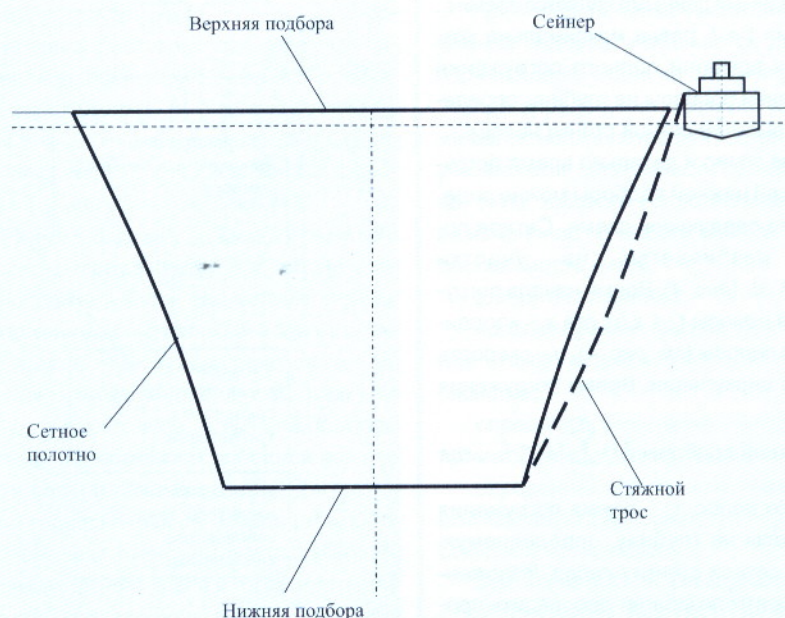


Рис. 1. Комплекс «Промысловое судно – кошельковый невод»

схода стяжного троса с барабана лебедки судна; коэффициент силы сопротивления воды боковому движению судна; скорость судна на прямом курсе.

Прочие необходимые для расчетов данные (входные данные): плотность и кинематическая вязкость воды; сила тяжести в воде 1 м нижней подборы с грузилами, кольцами; скорость выборки стяжного троса; плотность материала поплавков; радиус поплавка; радиус отверстия в поплавке; коэффициент запаса плавучести для всего невода.

На стадии проектирования параметры кошелькового невода и промышленного судна определяются объектом лова. Длина невода обуславливается размерами облавливаемого косяка, высота сетной стенки – глубиной погружения косяка. Скорость промышленного судна выбирается, исходя из скорости движения рыбы. Таким образом, можно выделить исходные данные, практически не подлежащие изменению на всех стадиях проектирования и относящиеся к неварьируемым (рис. 3). Остальные исходные данные проектировщик может изменять после анализа выходных данных расчетного блока комплекса «промышленное судно – кошельковый невод» (см. рис. 3).

После расчета времени погружения нижней подборы на глубину, определяемую высотой сетной стенки невода, выходными данными является время t .

Расчет времени движения судна на циркуляции при замете ведется в следующей последовательности. Вычисляются: радиус циркуляции при замете невода; относительная длина судна; относительная скорость судна на циркуляции; скорость судна на циркуляции; время движения судна на циркуляции при замете.

Выходными данными является время $t_{\text{цир}}$.

Сумма $t + t_{\text{цир}}$ равна максимально возможному времени полного погружения всей нижней подборы на глубину, определяемую высотой сетной стенки невода.

Более точно и детально время погружения всей нижней подборы можно определить по следующей схеме. Сетное полотно разбивается на участки шириной ΔL_i (рис. 4). Время начала погружения i -й полосы $t_{\text{др}i} = x_i / u$, где x_i – координата i -ой полосы (см. рис. 4), u – скорость судна на циркуляции. Время погружения

всей нижней подборы $t = \sum_{i=1}^N t_{\text{др}i} + t_N$, где

N – число полос, t_N – время погружения N -й полосы на глубину, определяемую высотой сетной стенки невода. Изложенный алгоритм позволяет проследить процесс погружения нижней подборы в режиме реального времени.

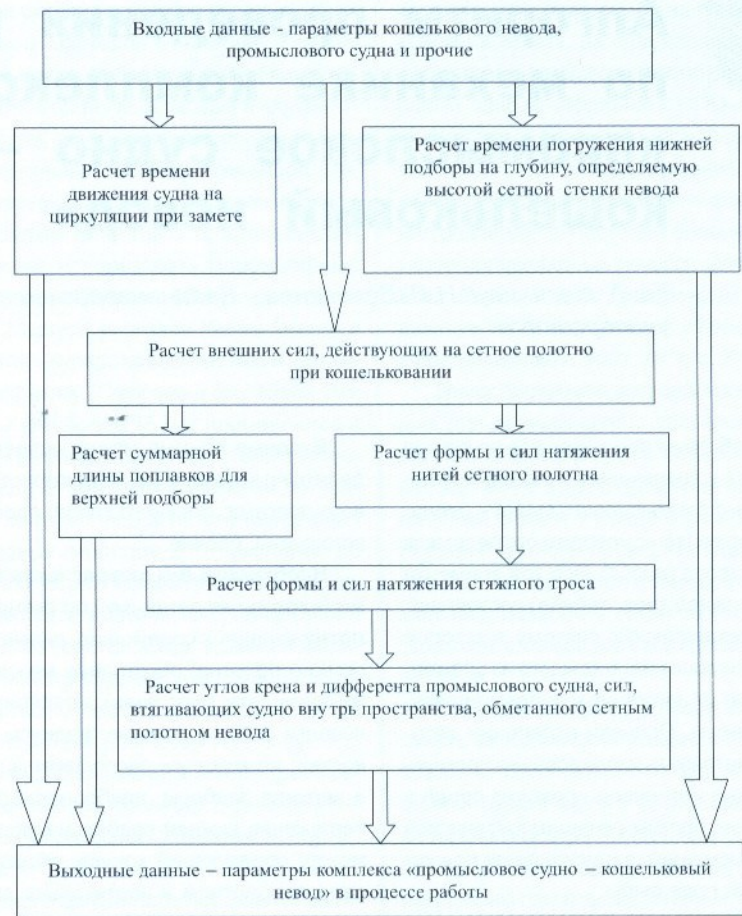


Рис. 2. Общая последовательность проведения расчетов по механике комплекса, состоящего из промышленного судна и кошелькового невода

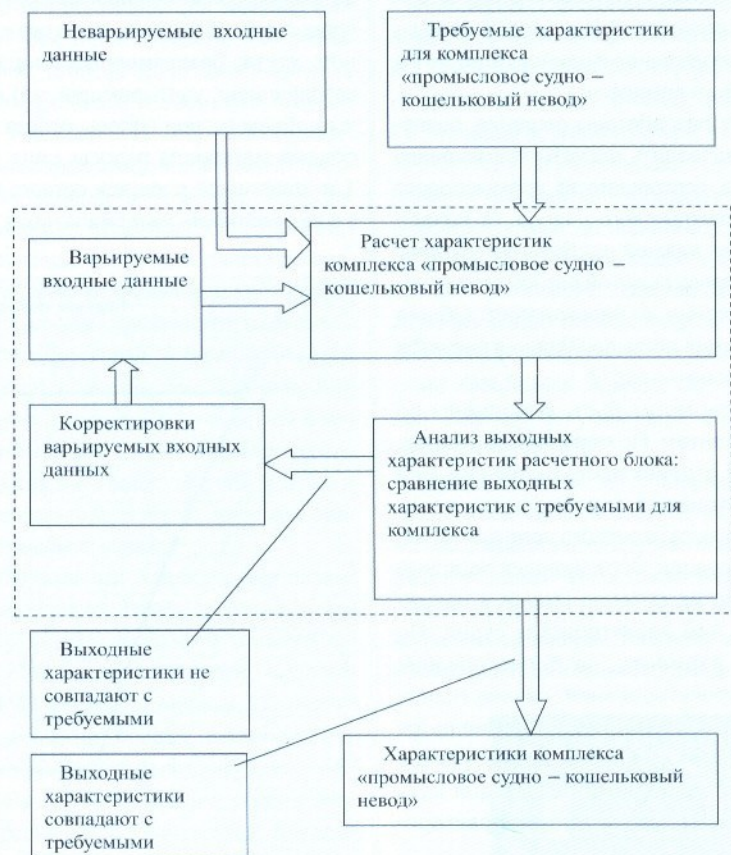


Рис. 3. Общая последовательность вариационных расчетов механики комплекса «промышленное судно – кошельковый невод»

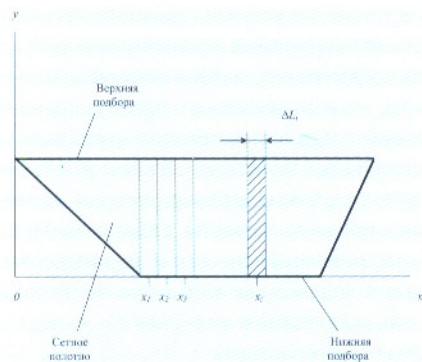


Рис. 4. Схема пошагового расчета процесса погружения нижней подборки невода с учетом движения промышленного судна на циркуляции

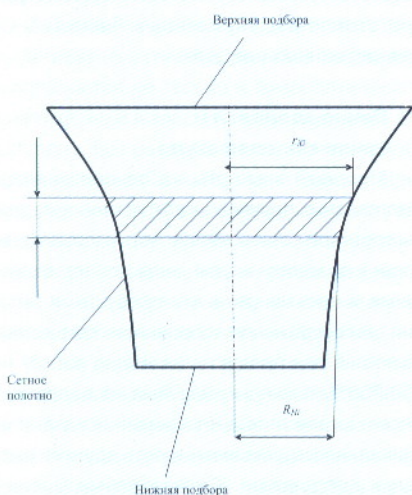


Рис. 5. Схема пошагового расчета внешних сил, формы, сил натяжения нитей сетного полотна невода

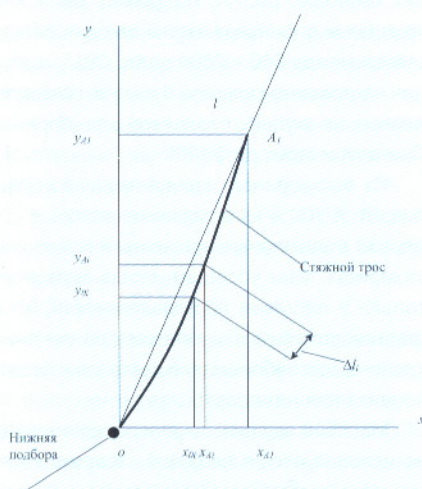


Рис. 6. Схема пошагового расчета внешних сил, формы, сил натяжения стяжного троса

Расчет внешних сил, действующих на сетное полотно при кошельковании, ведется в следующей последовательности. Вычисляются сила тяжести в воде всего сетного полотна; значение относительного радиуса сети на границе с нижней подборкой; среднее значение ко-

эффициента по высоте сети (от нижней до верхней подборки); радиальная скорость точек сетного полотна, граничащих с нижней подборкой; средняя радиальная скорость точек сетного полотна; число Рейнольдса; коэффициенты сопротивления сетного полотна; сила сопротивления сети, параллельная вектору ее скорости; сила сопротивления сети, перпендикулярная вектору ее скорости; сила лобового сопротивления сети; заглубляющая сила.

Расчет формы и сил натяжения нитей сетного полотна ведется в следующей последовательности. 1. Вычисляются удельные силы и сила тяжести нижней подборки с оснасткой в воде. 2. Разбиваем сетное полотно невода от нижней подборки до верхней на горизонтальные участки шириной Δh_i (рис. 5). Каждый из участков представляет собой i -ю конусообразную оболочку, нижнее основание которой равно R_{Hi} , верхнее – r_{xi} . 3. Для каждой i -й конусообразной оболочки вычисляются вертикальные координаты y для точек сетного полотна, соответствующих этим радиусам. 4. Для каждой i -й конусообразной оболочки вычисляются y' – тангенсы углов между касательной к поверхности сети и горизонтальной осью для точек сетного полотна, соответствующих этим радиусам. 5. Для каждой i -й конусообразной оболочки вычисляются силы натяжения нитей для точек сетного полотна, соответствующих этим радиусам. 6. Для каждой i -й конусообразной оболочки вычисляются δ_i – приращения радиусов параллельных кругов для точек сетного полотна, соответствующих этим радиусам. После вычисления значений δ_i производится анализ результата. Если приращение радиуса, вследствие учета растяжимости нитей сетного полотна, превышает заданное расчетчиком значение (5–10 %), то корректируются значения радиуса r .

Расчет формы и сил натяжения стяжного троса ведется в следующей последовательности. Вычисляются силы, приложенные со стороны невода на стяжной трос. Стяжной трос разбивается на участки длиной Δl_i (рис. 6) в промежутке от 0 до l (расстояние от нижней подборки до точки пересечения свободной поверхности воды и стяжного троса). Вычисляются: горизонтальные координаты x_i -точек; тангенсы углов между касательными к линии стяжного троса и горизонтальной линией; составляющие сил натяжения стяжного троса; прогибы, углы поворота, изгибающие моменты.

Расчет суммарной длины поплавков для верхней подборки ведется в следующей последовательности. Сетное полотно разбивается на секции, длина которых – ΔL_i (см. рис. 4). Вычисляются относительная длина поплавков для каждой секции и суммарная длина поплавков.

Расчет углов крена и дифферента промышленного судна, сил, втягивающих судно внутрь пространства, обметанного сетным полотном невода, ведется в следующей последовательности. Вычисляются: углы крена промышленного судна; углы дифферента промышленного судна; сила, втягивающая судно внутрь пространства, обметанного сетным полотном невода. Вычисляются приращения радиусов параллельных кругов для точек сетного полотна, соответствующих этим радиусам. После вычисления значений δ_i производится анализ результата. Если приращение радиуса вследствие учета растяжимости нитей сетного полотна превышает заданное расчетчиком значение (5–10 %), то соответственно корректируются значения радиуса r .

Изложенный алгоритм проведения расчетов по механике комплекса «промышленное судно – кошельковый невод» позволяет комплексно, детально провести расчет всех характеристик с заранее заданной точностью. Существенные отличия этого алгоритма от существующих способов расчета кошельковых неводов заключаются в следующем:

при определении времени погружения нижней подборки используется новое решение, более точно описывающее этот процесс по сравнению с используемыми формулами Ф.И. Баранова и Н.Н. Андреева;

при определении времени погружения нижней подборки учитывается движение промышленного судна на циркуляции;

при определении формы и сил натяжения сетного полотна при кошельковании учитываются сила тяжести сетного полотна, сила лобового сопротивления сети и их изменение по высоте сетного полотна, растяжимость нитей;

алгоритм позволяет – провести расчет формы и сил натяжения стяжного троса, учесть его упругие свойства;

определить углы крена и дифферента промышленного судна при кошельковании; определить при кошельковании силу, втягивающую судно внутрь пространства, обметанного неводом;

при определении размеров и количества поплавков для верхней подборки учесть действие заглубляющей силы при кошельковании.