

ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ И УНИВЕРСАЛЬНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПО РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ ТРОСА

В.Н. Зюскин, В.Ф. Толмачев, А.Л. Обвинцев – ОАО «МариНПО»

Увеличение числа компьютерных программ, используемых при проектировании и эксплуатации орудий промышленного рыболовства, повышает актуальность оценки их адекватности и универсальности. Компьютерная программа считается адекватной, если отражает заданные свойства объекта с приемлемой точностью, а ее универсальность определяется числом и составом учитываемых входных и выходных параметров.

Некоторые исследователи считают, что в сравнительном анализе различных методических подходов нет необходимости, так как в конечном счете срабатывает фактор времени и в пользовании остается наиболее совершенное программное обеспечение. Однако такой подход является бесконтрольным и бессистемным, что отражается на качестве и продолжительности компьютеризации исследовательских работ.

Сравнение альтернативных компьютерных программ может быть выполнено на основе арбитражного принципа, т.е. один авторитетный арбитр (или комиссия) может проанализировать различные алгоритмы расчета и найти оптимальный. Недостатком подобного подхода является субъективность оценок. Исследователь может отдать предпочтение динамическим или статическим процессам, вероятностным или детерминированным моделям, индуктивным или дедуктивным методам и т.д.

По нашему мнению, оценивать адекватность и универсальность компьютерных программ необходимо, исходя из следующих принципов. Разработчик компьютерной программы имеет право на индивидуальный методический подход. Особое внимание уделяется получению достоверных экспериментальных данных, на базе которых оцениваются альтернативные компьютерные программы. Сравнительный анализ выполняется на основе обмена информацией между разработчиками компьютерного обеспечения. С учетом изложенных принципов

пов в ОАО «МариНПО» была выполнена оценка адекватности и универсальности программ «Буксир» (постановщик задачи Л.Е. Мейлер, программист Л.А. Фролова) и «Трос-2» (постановщик задачи А.Л. Обвинцев, программист Г.В. Артюх).

Программа «Буксир» предназначена для расчета пространственной формы, сил натяжения и сопротивления буксирного троса. Предусмотрена возможность расчета параметров формы и натяжения при наличии объектов на канате, использовании составного каната, изменении градиентов плотности среды и скорости потока.

Принципиальными особенностями алгоритма расчета являются следующие. Модель динамики гибкой нити представляет собой систему нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Коэффициенты распорной силы, сопротивления и боковой вихревой силы определяются в зависимости от угла атаки троса и относительной амплитуды его колебаний. Амплитуда и частота колебаний рассматриваются в зависимости от числа Рейнольдса и натяжения нити.

Программа «Трос-2» предназначена для расчета пространственной формы, сопротивления

сил натяжения комбинированного троса в потоке. Алгоритм расчета параметров троса разработан с учетом следующих факторов. Трос уподоблен шарнирному набору прямолинейных отрезков постоянной длины. Угол атаки каждого отрезка определяется равнодействующей сил, приложенных в точках сопряжения прямолинейных отрезков. Гидродинамические характеристики троса определяются на основе коэффициентов сопротивления троса при ориентации поперек (C_{90}) и вдоль (C_0) потока. На



основании исследований в гидроканале МариНПО для ниток, веревок и канатов принимаются значения $C_{90} = 1,5$ и $C_0 =$

0,033. Жесткость троса на изгиб равна нулю, он подвергается действию только силы растяжения. На свободном конце троса приложены сила сопротивления, заглубляющая или подъемная и отводящая силы. Трос состоит из составных частей, отличающихся длиной, диаметром и весом 1 м в воде. На границах между смежными составными частями могут быть установлены различные гидродинамические устройства.

При разработке программ использовались принципиально отличающиеся методические подходы. Входные параметры программы «Буксир» более универсальны, так как учитываются колебания троса в потоке и боковая вихревая сила. Разработка и совершенствование алгоритма расчета параметров троса в программе «Буксир» требуют проведения трудоемких и дорогостоящих экспериментальных исследований динамических процессов в буксируемом тросе, в то время как в программе «Трос-2» используются экспериментальные значения только коэффициентов сопротивления троса при его ориентации поперек и вдоль потока.

Для оценки адекватности компьютерных программ по расчету параметров троса в гидроканале МариНПО проводились испытания трех экспериментальных образцов. По первому варианту проведены испытания капронового каната с грузом-углубителем на свободном конце. В сухом виде капроновый канат имел длину 5 м, диаметр 9,8 мм и массу одного погонного метра 0,0542 кг. После вымачивания в течение 24 ч длина экспериментального образца составляла 4,86 м, диаметр – 10,1 мм. Для расчета принимались длина и диаметр мокрого каната, вес одного погонного метра в воде 0,0653 Н.

В табл. 1 приведены экспериментальные и расчетные параметры капронового каната длиной 4,86 м и диаметром 10,1 мм с грузом-углубителем на свободном конце. Вес груза-углубителя в воде составлял 9,81 Н, сопротивление – 0,1717 Н при скорости потока 1,5 м/с.

По второму варианту проведены испытания стального тросика длиной 5 м, диаметром 6 мм, массой 1 м 0,13 кг (вес в воде 1 м 1,11 Н) при скорости потока 1,5 м/с с гидродинамическим отводителем на свободном конце. В табл. 2 приводятся экспериментальные и расчетные параметры указанного тросика. Сопротивление отводителя 8,382 Н, распорная сила 3,386 Н, заглубляющая сила отсутствовала.

Выходные параметры	Эксперимент	Программа «Буксир»		Программа «Трос-2»	
		Расчет	Относительная ошибка, %	Расчет	Относительная ошибка, %
Глубина хода груза-углубителя, м	1,64	1,0	39,0	1,60	2,4
Проекция на продольную ось, м	4,30	4,50	4,70	4,30	0,0
Сила натяжения в точке закрепления, Н	12,2	10,6	13,1	12,0	1,6
Угол наклона в точке закрепления, град	7,0	4,80	31,4	6,85	2,1

Примечание. Относительная ошибка определена по отношению значений расчетных параметров к экспериментальным.

Таблица 2

Выходные параметры	Эксперимент	Программа «Буксир»		Программа «Трос-2»	
		Расчет	Относительная ошибка, %	Расчет	Относительная ошибка, %
Глубина хода отводителя, м	0,9	0,6	33,3	1,0	11,1
Проекция на продольную ось, м	4,8	4,9	2,1	4,8	0,0
Проекция на поперечную ось, м	1,2	0,9	25,0	1,0	16,7
Сила натяжения в точке закрепления, Н	12,5	10,3	17,6	11,0	12,0
Угол атаки в точке закрепления в вертикальной плоскости, град	16,5	10,4	37,0	16,7	1,4
Угол атаки в точке закрепления в горизонтальной плоскости, град	9,0	6,0	33,3	6,4	15,6

Таблица 3

Выходные параметры	Эксперимент	Программа «Буксир»		Программа «Трос-2»	
		Расчет	Относительная ошибка, %	Расчет	Относительная ошибка, %
Глубина хода груза-углубителя, м	0,72	0,4	44,4	0,9	25,0
Проекция на продольную ось, м	4,75	4,8	1,1	4,7	1,1
Сила натяжения в точках закрепления, Н	6,95	5,0	28,0	6,0	13,7
Угол атаки в точках закрепления в вертикальной плоскости, град	2,5	2,3	8,0	3,7	48,0
Угол атаки в точках закрепления в горизонтальной плоскости, град	3,8	4,8	26,0	3,5	7,9

По третьему варианту проведены испытания капроновой веревки длиной 10 м, диаметром 8 мм, массой 1 м 0,022 кг (вес в воде 0,014 Н) при скорости потока 1,5 м/с с грузом-углубителем посередине веревки. Веревка была подвешена в виде петли, при этом точки закрепления были разнесены в поперечной плоскости на 2 м друг от друга. Сопротивление груза-углубителя составляло 0,635 Н, вес в воде 6,039 Н. В процессе испытаний измеряли параметры левой и правой части веревочной петли, а для сравнения с расчетными параметрами результаты эксперимента усреднялись. Экспериментальные и расчетные параметры веревочной петли приведены в табл. 3.

Средняя относительная ошибка, характеризующая адекватность, для программы «Буксир» составляет: для линейных пара-

метров – 21,4 %; углов ориентации – 27,1; для сил натяжения – 19,6 %. Средняя относительная ошибка для программы «Трос-2» составляет: для линейных параметров – 8,0 %; углов ориентации – 15,0; для сил натяжения – 9,1 %.

На основе изложенного выше можно сделать вывод, что программа «Буксир» проигрывает по адекватности расчетных и экспериментальных параметров, но выигрывает по универсальности входных параметров. Гидроканал МариНПО обеспечивает получение достоверных экспериментальных данных для оценки адекватности и универсальности компьютерных программ, предназначенных для расчета не только параметров троса, но и различных технических характеристик рыбопромысловых систем.