

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 629.5.015.3:629.563.3

Ю. И. Юдин,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «МГТУ»;

А. Б. Грабаровский,
аспирант,
ФГБОУ ВПО «МГТУ»;

С. Н. Холичев,
аспирант,
ФГБОУ ВПО «МГТУ»

РАСЧЕТ РАДИАЛЬНОЙ ДИАГРАММЫ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СКОРОСТИ ВЕТРА ДЛЯ БУРОВОГО СУДНА «В. ШАШИН»

CALCULATION RADIAL DIAGRAM OF LIMIT VALUES WIND SPEED FOR THE DRILLING VESSEL "V. SHASHIN"

В данной статье приведены результаты вычислений предельных значений скорости ветра для бурового судна «В. Шашин». Данные представлены в виде таблицы и диаграмм. Дополнительно представлена блок-схема алгоритма уравнивания усилий и определения упоров движителей, активированных при выполнении динамического позиционирования.

This article presents the results of calculations of the limit values of wind speed for drilling vessel "V. Shashin". Data are presented as table and diagrams. Additionally shows the block diagram of the adjustment effort and determination stops thrusters, activated when the dynamic positioning system.

Ключевые слова: системы динамического позиционирования, буровое судно, предельные значения скорости ветра.

Key words: dynamic positioning systems, drilling ship, limit values of wind speed.

Введение

Операции бурения в открытом море сопряжены с большими рисками. В точке бурения во время выполнения работ судно может смещаться на расстояние не более 2 % от глубины, также есть ограничение изменения курса. Поэтому в условиях ветра судно часто вынуждено прекращать бурение во избежание повреждения бура. В данной статье продемонстрирована методика расчета предельных значений скорости ветра для бурового судна «В. Шашин», которая позволит повысить безопасность процесса бурения и избежать простоя в условиях допустимых значений скорости ветра.

Методика расчета

Для расчета радиальной диаграммы предельных значений скорости ветра воспользуемся методикой последовательного выравнивания равновесного состояния бурового судна «В. Шашин», которая представлена в [1, с. 34–38]. В расчетах примем направление течения с носа судна, а скорость течения равной 1 м/с. Для каждого заданного направления ветра примем в качестве первоначальной скорость ветра, равную 30 м/с, снижая или увеличивая ее значение до выполнения условия по загруженности движителей в пределах от 80 до 95 %, при котором функционирование системы динамического позиционирования безопасно. Достоинство предложенной методики в том, что такие процедуры можно легко алгоритмизировать и проводить в любой вычислительной

среде, вплоть до Excel. В данном случае вычислительные процедуры выполнены в среде MathCad, которая предоставляет широкие возможности, в частности матричных вычислений (табл. 1).

Таблица 1 построена по результатам вычислений тяги движителей и средств активного управления (САУ) T_e , в кН, и части мощности N , расходуемой на их работу, в %.

Таблица 1

Изменение параметров движителей от скорости и направления ветра

Ветер 0°, скорость 42,5 м/с				
№ движителя или САУ	1	3	5	7
T_e , кН	434	-15	-17	32
N , %	96	2,5	3	8
Ветер 10° правый борт (П/Б), скорость 42 м/с				
T_e , кН	412	94	108	46
N , %	85	39	49	14
Ветер 20° П/Б, скорость 32 м/с				
T_e , кН	297	137	159	-69
N , %	47	69	86	25
Ветер 30° П/Б, скорость 26 м/с				
T_e , кН	237	147	170	-57
N , %	32	76	95	18
Ветер 40° П/Б, скорость 23,5 м/с				
T_e , кН	211	144	157	-47
N , %	27	74	92	14
Ветер 50° П/Б, скорость 22,5 м/с				
T_e , кН	187	148	171	-37
N , %	23	77	96	10
Ветер 60° П/Б, скорость 22 м/с				
T_e , кН	163	146	169	-23
N , %	18	76	94	5
Ветер 70° П/Б, скорость 22,5 м/с				
T_e , кН	134	148	171	-13
N , %	14	77	96	2
Ветер 80° П/Б, скорость 23 м/с				
T_e , кН	133	147	171	5
N , %	14	77	96	0,5
Ветер 90° П/Б, скорость 23,5 м/с				
T_e , кН	139	149	172	23
N , %	15	78	97	5

Табличные результаты приведены до траверсного угла (90°), а радиальная диаграмма, показанная на рис. 1, дает наглядное представление о предельных значениях скорости ветра с любых направлений.

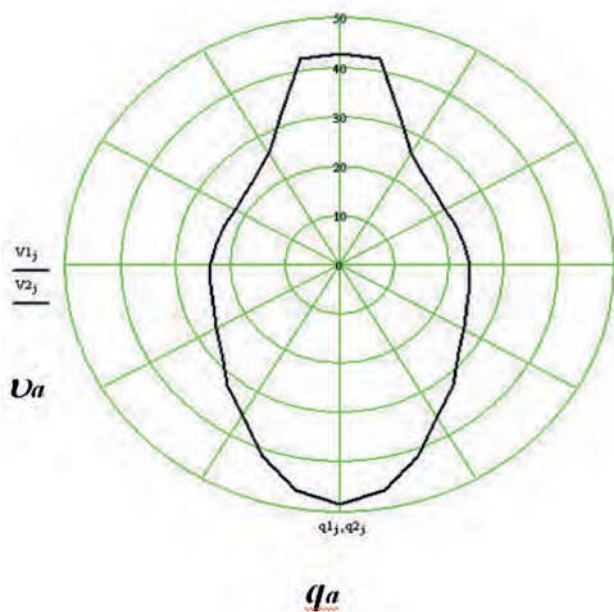


Рис. 1. Радиальная диаграмма предельных скоростей ветра, м/с (течение с носа 1 м/с)

Радиальная диаграмма имеет симметричную форму относительно диаметральной плоскости судна. Симметрия радиальной диаграммы сохраняется при действии ветров с левого борта, если компенсацию продольной силы от действия течения выполнять движителем 2, а не движителем 1 (рис. 2).

Расчет уравнивающих усилий происходит в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 3. Автоматизированный в среде MathCad, он позволяет быстро и эффективно определять необходимые для равновесия упоры движителей. При этом обеспечивается критерий безопасности функционирования системы динамического позиционирования — нагрузки движителей согласно алгоритму остаются в пределах от 80 до 95 %. Хотя эти пределы можно и изменять, например для нахождения значений предельных скоростей ветра для условий работы движителей в аварийных режимах.



Рис. 2. Схема расположения движителей бурового судна «В. Шашин»

Блок-схема, представленная на рис. 3, отражает выполнение вычислений по нахождению упоров на выбранной группе активизированных движителей, необходимых для компенсации суммарного воздействия на судно продольной и поперечной составляющих гидро- и аэродинамической сил и их моментов, а также дополнительных моментов, создаваемых работой подруливающих устройств. Полученные результаты сравниваются с заданными пользователем параметрами уровня загрузки движителей и, в зависимости от попадания в диапазон значений перегруженности или, наоборот, недозагруженности, происходит отработка по увеличению или уменьшению значения скорости ветра на 0,5 м/с. На основании полученных данных строится радиальная диаграмма предельных значений скорости ветра для данного судна с любых курсовых углов.

На рис. 4 представлена радиальная диаграмма для группы активизированных движителей 1, 3, 5, 7. Выбранная совокупность задействованных подруливающих устройств с точки зрения безопасности хороша тем, что оставляет в резерве движители 2, 4, 6. Это значительно повышает надежность функционирования всей системы, позволяя заменять движители дублирующими (в случае их выхода из строя), так как для каждого вида движителя есть свой резервный.

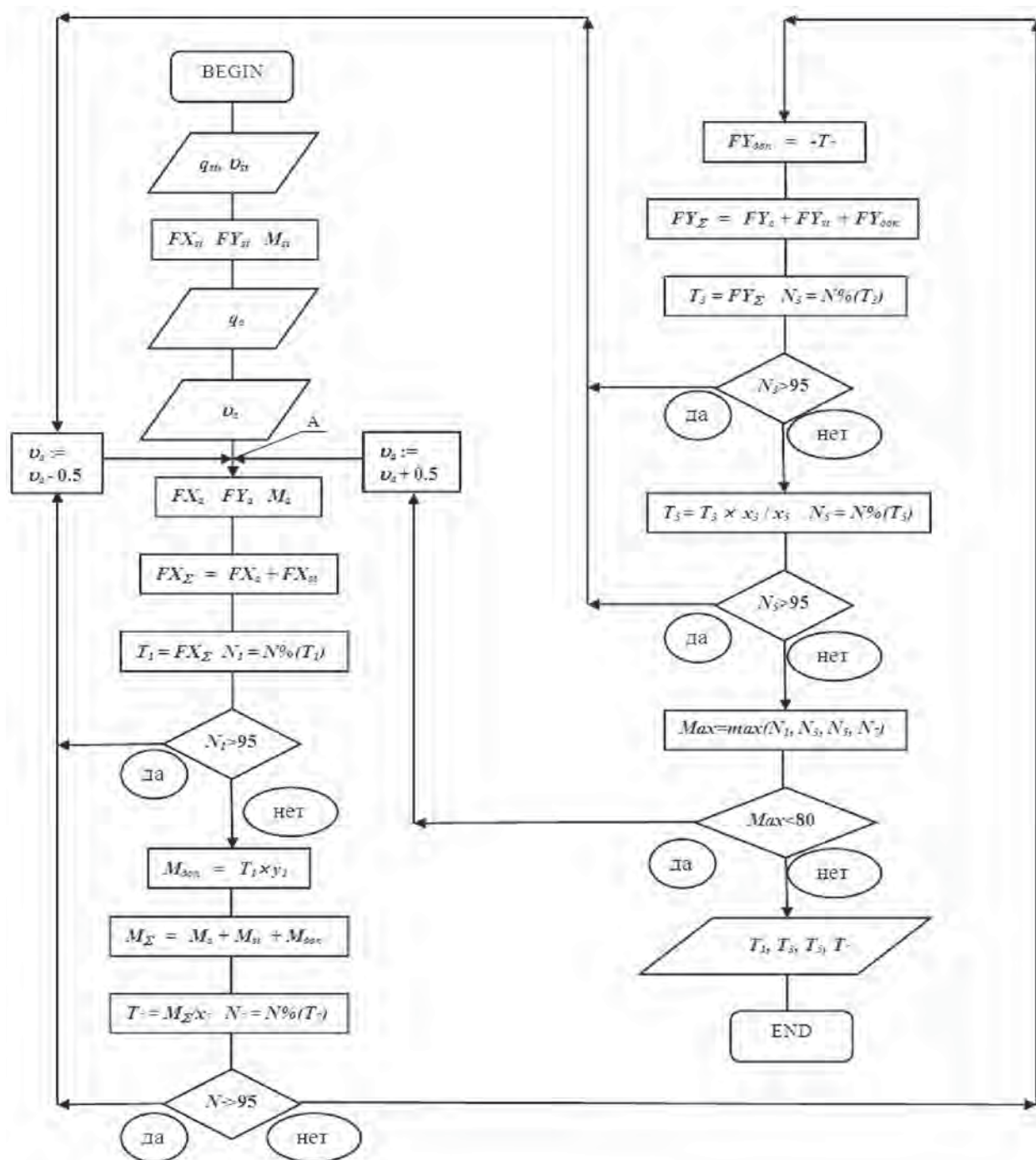


Рис. 3. Блок-схема алгоритма уравнивания усилий и определения упоров движителей, активированных при выполнении динамического позиционирования:

q_{st}, v_{st} — направление и скорость течения;

FX_{st}, FY_{st}, M_{st} — составляющие гидродинамической силы и ее момент;

q_a, v_a — направление и скорость ветра;

FX_a, FY_a, M_a — составляющие аэродинамической силы и ее момент;

FX_{Σ} — суммарная продольная сила; T_e — упоры движителей;

N — степень загрузки движителя; $M_{доп}$ — дополнительный момент от упора движителя;

M_{Σ} — суммарный момент вращения с учетом дополнительного момента;

$FY_{доп}$ — дополнительная поперечная сила от упора движителя;

FY_{Σ} — суммарная поперечная сила

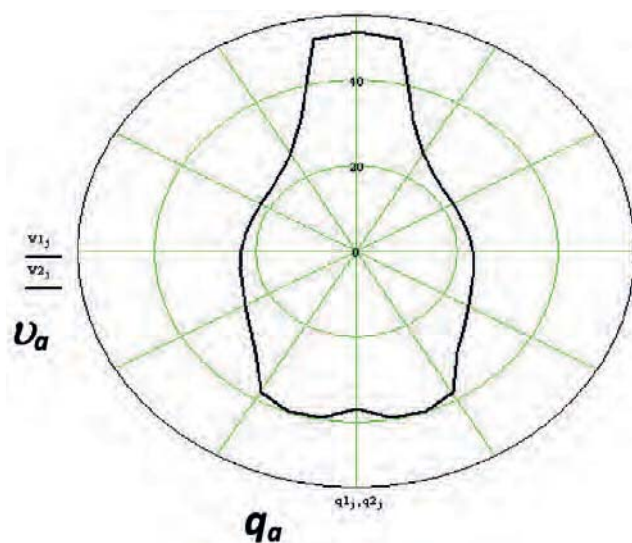


Рис. 4. Радиальная диаграмма предельных скоростей ветра, м/с (течение отсутствует)

Используя разработанный алгоритм, мы имеем возможность построить диаграмму предельных скоростей ветра для судна при использовании всех имеющихся в наличии подруливающих устройств (ПУ). Для этого на этапе выбора упоров T_3 и T_5 можно было распределить их нагрузки между двумя двигателями, которые пока были резервными. А именно: упор T_3 распределить между ПУ 3 и ПУ 4, а упор T_5 распределить между ПУ 5 и ПУ 6. Результаты вычислений представлены на рис. 4 в виде радиальной диаграммы предельных скоростей ветра каждого направления (влияние течения не учитывалось).

Способ, когда задействованы все имеющиеся ПУ, характеризуется отсутствием резервирования с соответствующим понижением степени надежности системы.

В этом случае система будет сохранять равновесие и не нарушать критерий безопасности при скорости ветра около 30 м/с, но в случае порыва ветра, например до скорости 35 м/с, может не выдержать равновесия и перейти в состояние, близкое к критическому, — ведь дополнительных движительных средств уже нет. Режим задействования всех двигателей можно рекомендовать только в ситуациях кратковременного использования, по окончании которых переходить снова на схему с резервированием.

Выводы

Работа систем динамического позиционирования специфична и не всегда прозрачна для судоводителя, так как является для него в значительной степени «черным ящиком». Техническая документация обычно содержит ограниченную информацию в виде радиальных диаграмм скоростей ветра, при которых возможно удержание судна на точке с помощью различных групп активизированных двигателей, однако методика расчета этих диаграмм скрыта от оператора. Алгоритмы вычисления зашиты внутри программного обеспечения систем динамического позиционирования и не доступны в открытой печати, являясь коммерческой тайной.

Приведенные в настоящей работе результаты вычислений, представленные в виде таблицы и диаграмм, дают наглядное представление о предельных значениях скорости ветра с любых направлений для бурового судна «В. Шашин». Они могут быть применены в реальных судовых условиях или в рамках учебных занятий при подготовке судоводителей и позволяют повысить безопасность процесса бурения и избежать простоя в условиях допустимых значений скорости ветра. Научная новизна заключается в том, что разработанная методика уравнивания усилий и определения упоров двигателей, активированных при выполнении динамического позиционирования, может быть применена к любым буровым судам с целью оптимизации процесса бурения и повышения его безопасности. Кроме того, результаты наших исследований могут применяться при создании электронных тренажеров, отрабатывающих выполнение задачи по удержанию судна на точке.

Список литературы

1. Юдин Ю. И. Выравнивание позиционного равновесия бурового судна «В. Шашин» / Ю. И. Юдин, А. Б. Грабаровский // Эксплуатация морского транспорта. — 2013. — № 2 (72).