

**ПРОМЯНА НА МАНЕВРЕНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА КОРАБИТЕ
ПРИ ВЛОШЕНИ ХИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧНИ УСЛОВИЯ И
ВЛИЯНИЕТО ИМ ВЪРХУ ТОЧНОСТТА НА ИЗПЪЛНЕНИЕ НА
МАНЕВРА**

КДП Николай Атанасов

atanasov_nick@mail.bg

***Резюме:** В настоящата публикация е изследвана промяната на маневрените характеристики на кораб за превоз на нефт под баласт при влошаване на хидрометеорологичните условия – скорост на вятъра 20 kn, 35 kn и 50 kn и породеното от него вълнение. Направено е сравнение на получените данни и получените при маневрените изпитания. Решена е задача за разминаване с друг кораб по три начина: без отчитане на маневрените характеристики, с използване на данни от маневрените изпитания и с променените маневрени характеристики при промяна на хидрометеорологичните условия. Сравнена и анализирана е точността при решаване на задачата при трите начина на решаване.*

***Ключови думи:** маневрени характеристики, танкер под баласт, силен вятър и вълнение, маневрени характеристики при силен вятър*

**THE CHANGE OF THE MANOEUVRING CHARACTERISTICS OF SHIPS
IN BAD WEATHER CONDITIONS AND THEIR INFLUENCE ON THE
ACCURACY OF EXECUTION OF A MANEUVER**

Nikolay Atanasov, Master

atanasov_nick@mail.bg

***Summary:** This publication examines the change in the manoeuvring characteristics of a oil tanker ship under ballast in case of deteriorating hydro meteorological conditions - wind speed of 20 kn, 35 kn and 50 kn and the resulting sea waves. A comparison between the data obtained and those obtained during the ship*

trial tests was made. The task of passing clear with another ship was solved in three ways: without taking into account the manoeuvring characteristics, using data from the ship trial tests and using manoeuvring characteristics obtained when the hydro meteorological conditions are changed. The accuracy in solving the problem in the three different ways of solving is compared and analyzed.

Keywords: *manoeuvring characteristics, tanker under ballast, strong wind and sea waves, manoeuvring characteristics in strong wind*

ВЪВЕДЕНИЕ

Безопасността на корабоплаването е един от основните въпроси, засягащ всички участници в този процес. Според конвенция STCW [5] вахтените помощник-капитани носят пълна отговорност за безопасното управление на кораба по време на своята вахта когато са поели командването на кораба. Те трябва да отделят особено внимание на моментите, когато се предприемат действия за избягване на сблъскване и засядане на плитчина. Същата конвенция задължава вахтените помощник-капитани да спазват „Конвенция за международните правила за предпазване от сблъскване на море - 1972г.” (COLREG) [1], както и да познават характеристиките на управляемост на собствения кораб, данни за които (за определени външни условия) трябва да има показани на навигационния мостик; също така да могат да дадат оценка на евентуалните характеристики на управляемост на корабите, с които възниква ситуация на прекомерно сближение или опасност от сблъскване.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За изпълнение на безопасна маневра за разминаване е необходимо:

➤ откриване и следене на целите около кораба – чрез постоянно водене на необходимото зрително и слухово наблюдение, както и използване за това на всички налични други средства в съответствие с преобладаващите обстоятелства

и условия така, че да може напълно да оценява ситуацията и съществуващата опасност от сблъскване [1];

➤ изчисляване параметрите на движението на целите (курс, скорост CPA, TCPA, промяната, която трябва да се направи в курса и/или скоростта на кораба и времето за започване на маневрата) – окомерно, с използване на маневрен планшет или автоматизирана радиолокационна система за предпазване от сблъскване [5]

Метод на работа на Automatic Radar Plotting Aid (ARPA)

Методът на ARPA за изчисляване параметрите на разминаване между две цели (кораба) е аналогичен на метода на решението с използване на маневрен планшет. Изходните данни са едни и същи:

- курс и скорост на собствения кораб спрямо водата - от корабния лаг и жирокомпас;

- радарни пеленги и дистанции към целта – измерени от навигационния офицер или регистрирани от ARPA. Тук разликата е в броя измервания – ARPA регистрира пеленг и дистанция при всяко завъртане на антената;

- осредняване на данните и изчисляване на величините, което осигурява по-висока точност и игнорира грешката на субективния фактор при измерванията.

Минималните изискванията за точност към ARPA са следните:

Таблица 1

Изисквана минимална точност на изчисленията от ARPA данни на проследявана цел [4]

Tracked Target Accuracy (95% probability figures)

Time of steady state (minutes)	Relative Course (degrees)	Relative Speed (kn)	CPA (NM)	TCPA (minutes)	True Course (degrees)	True Speed (kn)
1 min: Trend	11	1.5 or 10% (whichever is greater)	1.0	-	-	-
3 min: Motion	3	0.8 or 1% (whichever is greater)	0.3	0.5	5	0.5 or 1% (whichever is greater)

При изчисленията целите се приемат за точкови обекти и не се отчитат маневрените им характеристики - не са избегнати при повечето модели на ARPA, както и не се отчита местоположението на „блестящата точка” на кораба цел. При пробна маневра траекторията на движение на корабите се симулира по начин, аналогичен на решението задачата за разминаване с маневрен планшет – с начупена линия, което не отговаря на действителния път на кораба. Ръководството за експлоатация на ARPA трябва да съдържа обяснение на принципите, залегнали в приетата методика за пробна маневра, включително, ако е предвидено, симулирането на маневрените характеристики на собствения кораб, което е налично при някои нови модели. Тези характеристики обикновено са получените от ходовите изпитания, но могат значително да се различават от реалните при различни хидрометеорологични условия.

Методика за изчисляване параметрите на разминаване между две цели (два кораба) с отчитане на маневрени характеристики.

В практиката най-важните параметри на разминаване са CPA и TCPA. След построяване на скоростния триъгълник се намират курса и истинската

скорост на целта и се приема, че те остават без съществена промяна по време на маневрата. Ако скоростта е изчислена от ARPA, тя също е осреднена на базата на серия от измервания (напр. 20 оборота на антената на радара за 1 минута – 20 измервания на пеленг и дистанция). Точността на ARPA е дадена в Табл. 1. Времето и позицията на маневриращия кораб, в която ще се достигне безопасния курс (респективно безопасната скорост) за хидро и метеорологични условия, близки до тези, в които са проведени маневрените изпитания могат да бъдат взети от диаграмите или таблиците с маневрени характеристики. За други условия е необходимо да се вземат данни от натурни изпитания (икономически неизгодно и практически невъзможно да се обхванат всички комбинации от външните условия) или да се ползва математически модел. За целите на тази статия авторът е използвал навигационен симулатор клас „А” - Polaris, произведен от Kongsberg Maritime със създадените за него математически модели на различни типове кораби. Извършено е изследване на динамиката на движение на кораб за превоз на нефт под баласт при влошаване на хидрометеорологичните условия – скорост на вятъра 20 kn, 35 kn и 50 kn и породеното от него вълнение. От опитния пробег на използвания в експеримента модела се вземат данни за началото на поворота (момента, в който започва отклонението на руля), началната позиция (за навигационния симулатор това е геометричния център на корпуса) и момента, в който моделът е достигнал желаната промяна на курса и позицията.

Таблица 2

Примерен вид на данните, извлечени от пробег на корабния модел

Elapsed (hh:mm:ss)	Car_01 Rudder	Car_01 Heading	Car_01 Rate of turn	Car_01 Speed	Car_01 Speed rate	Car_01 Course thru water	Car_01 Latitude	Car_01 Longitude	Car_01 Wind	Car_01 Wind direction	Car_01 Drift angle thru water	Car_01 Shaft power	Car_01 Engine torque	Car_01 Roll
00:06:03	s35.0	013	s30	10	0.9	003	S33°39.547	E151°32.907	26	045	s10.9	13169	123	p5.8
00:06:01	s35.0	006	s11	9	7.4	002	S33°39.580	E151°32.909	26	045	s4.1	13152	123	p7.2
00:05:59	s35.0	006	s11	9	7.4	002	S33°39.580	E151°32.909	26	045	s4.1	13152	123	p7.2
00:05:55	s35.0	006	s11	9	7.4	002	S33°39.580	E151°32.909	26	045	s4.1	13152	123	p7.2
00:05:51	s35.0	006	s11	9	7.4	002	S33°39.580	E151°32.909	26	045	s4.1	13152	123	p7.2
00:05:47	s35.0	001	p61	10	4.6	-005	S33°39.609	E151°32.911	26	045	s5.3	11044	24	s2.0
00:05:43	s35.0	001	p61	10	4.6	-005	S33°39.609	E151°32.911	26	045	s5.3	11044	24	s2.0
00:05:41	s35.0	001	p61	10	4.6	-005	S33°39.609	E151°32.911	26	045	s5.3	11044	24	s2.0
00:05:39	s35.0	001	p61	10	4.6	-005	S33°39.609	E151°32.911	26	045	s5.3	11044	24	s2.0
00:05:35	s30.6	008	p182	10	28.3	-008	S33°39.640	E151°32.911	26	045	s16.0	9401	123	p8.9
00:05:31	s30.6	008	p182	10	28.3	-008	S33°39.640	E151°32.911	26	045	s16.0	9401	123	p8.9
00:05:27	s30.6	008	p182	10	28.3	-008	S33°39.640	E151°32.911	26	045	s16.0	9401	123	p8.9
00:05:23	s1.1	003	s62	16	8.0	-001	S33°39.686	E151°32.913	26	045	s4.3	11327	86	p7.0
00:05:21	s1.1	003	s62	16	8.0	-001	S33°39.686	E151°32.913	26	045	s4.3	11327	86	p7.0
00:05:19	s1.1	003	s62	16	8.0	-001	S33°39.686	E151°32.913	26	045	s4.3	11327	86	p7.0
00:05:15	s1.1	003	s62	16	8.0	-001	S33°39.686	E151°32.913	26	045	s4.3	11327	86	p7.0
00:05:13	p9.3	002	s72	16	3.6	-004	S33°39.714	E151°32.915	26	045	s5.8	8788	40	p5.8
00:05:11	p9.3	002	s72	16	3.6	-004	S33°39.714	E151°32.915	26	045	s5.8	8788	40	p5.8
00:05:06	p9.3	002	s72	16	3.6	-004	S33°39.714	E151°32.915	26	045	s5.8	8788	40	p5.8
00:05:01	p8.1	001	s17	16	-0.1	-004	S33°39.781	E151°32.920	26	045	s5.1	11890	109	p5.4

От тази таблица са извлечени данни и пресметнати времето, Advance и Transfer за конкретна задача за разминаване между два кораба, която се решава по-долу.

Таблица 3.

Време, Advance и Transfer при промяна на първоначалния курс с 30°, 60°, 90° и 180° на корабен модел Tnk VI при посока на истинския вятър 225° и сила 20kn, 35kn и 50kn

True wind 225°	wind 20 kn			wind 35 kn			wind 50 kn		
	Time [min:sec]	Advance [m]	Transfer [m]	Time [min:sec]	Advance [m]	Transfer [m]	Time [min:sec]	Advance [m]	Transfer [m]
heading 30 deg	01:10	506	49	01:12	515	51	04:20	1243	397
heading 60 deg	01:46	698	168	02:00	763	208	06:38	1989	444
heading 90 deg	02:22	806	326	02:32	859	352	07:42	2274	833
heading 180 deg	04:42	593	800	04:43	674	812	10:14	2378	1556

Пример за решение на задача за разминаване с една цел

Тази задача може да бъде решена в първи квадрант, като се приеме, че курсът на маневриращия кораб е 000° . Това се получава със завъртане на маневрениния планшет на ъгъл, обратен на истинския курс на маневриращия (-ИКм) и е аналогично на режим на радара „Head up”. Според [1] корабът, на който се отстъпва път, се намира основно в първи квадрант, като трябва да се добави КЪ от 90° до 112.5° десен борд. Използвани са данните, получени от проведения на навигационния симулатор експеримент, за промяна на курса на маневриращия с 30° , 60° , 90° и 180° , като е важна новата позиция на кораба, в която курсът е достигнал желаната за безопасно разминаване промяна, както и времето, необходимо за достигането на тази промяна (време, през което корабът-цел ще продължи да се движи със скоростта си по своя курс). Данните от проведените експерименти могат да бъдат използвани и за всяка междинна промяна с дискретност не по-голяма от 6 секунди.

Изчисляване позициите на маневриращия и целта в момента на достигане на безопасния курс с използване на маневрен планшет и решаване задачата за разминаване на безопасна дистанция.

Пример 1: Условия в района – вятър със скорост 50kn и посока 225° . Маневриращият кораб – VLCC с дължина 315m. плава на курс 000° със скорост 10kn. Безопасна дистанция за разминаване 20 кабелта. Проследявани са три цели (табл. 4), които са с еднакви характеристики (кораби – близнаци), за да може да се проследи и анализира разминаването при различните случаи. Измерени са пеленги и дистанции към трите цели в нулева, трета и шеста минути, като за начало на маневрата се приема шестата минута. С избора на началните позиции на целите ще се сравнят резултатите от изчисленията при различни условия:

Цел В – при започване на маневрата маневриращият кораб мигновено променя курса си с 60° надясно без загуба на скорост (традиционното решение, което е практически невъзможно).

Цел С – позицията в шестата минута съответства на позицията на цел В при достигане промяна на курса на маневриращия с 60° с отчитане маневрените характеристики за вятър 20 kn и движение на целта за съответния период от време със скоростта си по своя курс.

Цел D - позицията в шестата минута съответства на позицията на цел В при достигане промяна на курса на маневриращия с 60° с отчитане маневрените характеристики за вятър 50 kn и движение на целта за съответния период от време със скоростта си по своя курс.

Таблица 4

Данни за три цели, с които се решава задача за разминаване

	Време [hour:min]	Пеленг [°]	Дистанция [cables]
цел В	00 00	055	74
	00 06	055	55
цел С	00 00	055	68
	00 06	055	49
цел D	00 00	054	51
	00 06	053	32

Цел В – на пресичащ курс, CPA=0, ТСРА 23-та минута. $K_k=267^\circ$, $V_k=15.6\text{kn}$. Ако се започне маневра в 6-та минута и курсът се отклони с 60° надясно, разминаването ще бъде на дистанция 20 кабелта в 00 18. Тези резултати биха се получили при изчисление на маневрен планшет или при пробна маневра с ARPA без отчитане маневрените характеристики.

Цел С – пеленгът към целта е 055° , дистанция 49 каб. в 00 06.

Обяснение за избора на точно тази позиция. При вятър със сила 20 kn и посока 225° на маневриращия кораб ще му бъде необходимо време 01:46 мин., за да промени курса си с 60° . Ще се премести 3.8 каб. напред по първоначалния си курс и 0.9 каб. по първоначалния си траверс (табл. 3). Тези данни са с пренебрежимо малка разлика от данните, получени при маневрени изпитания в идеални хидро и метео условия. За това време цел В би се придвижила 4.6 каб. напред по курса си. При вятър със сила 20 kn взаимното положение на маневриращия (при достигане промяна на първоначалния курс с 60° надясно) и целта е това, което би се получило ако се отчитат реалните маневрени характеристики при промяната на курса и придвижването на целта по курса си за време 01:46 мин.

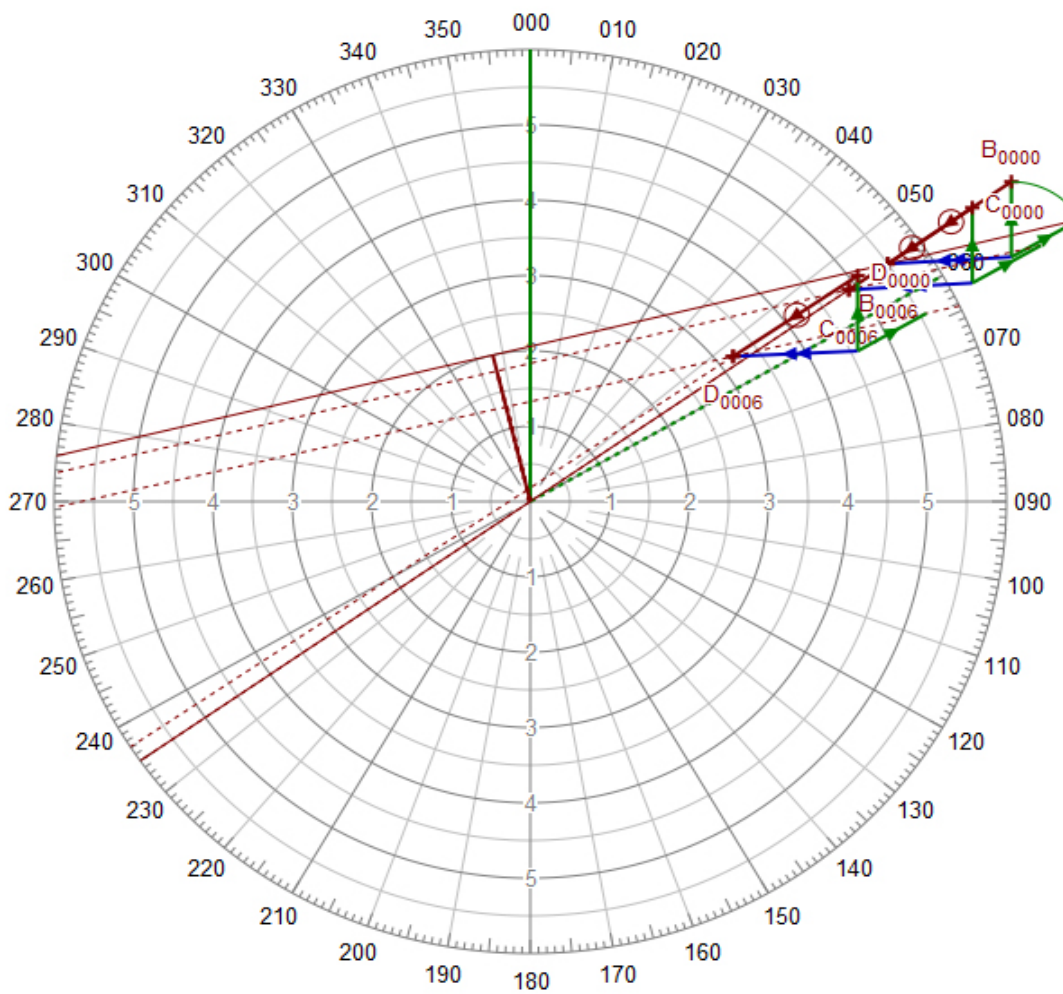
Цел D - при вятър със сила 50 kn и посока 225° на маневриращия кораб ще му бъде необходимо време 06:38 мин., за да промени курса си с 60° . Ще се премести 10.7 каб. напред по първоначалния си курс и 2.4 каб. по първоначалния си траверс (табл. 3). За това време цел В би се придвижила 17.2 каб. напред по курса си. Пеленгът към целта ще бъде 053° , дистанция 32 каб. Това е положението на цел D в 00 06.

В 00 06 се променя курсът на маневриращия с 60° надясно, за да се размине с цел В на безопасната дистанция 20 каб.

Таблица 5

CPA и TCPA за трите цели от пример 1

	цел B	цел C	цел D
CPA [cab]	20	18	13
TCPA [hour:min]	00:18	00:17	00:13



Фигура 2 Решение на задача за разминаване с използване на програмата Radarplot [3], аналогично на маневрен планшет

В тази задача ако не се отчитат маневрените характеристики при спокойно време СРА намалява с 2 кабелта, а ако не се отчитат маневрените характеристики при вятър със сила 50 kn СРА намалява със 7 кабелта, което е в пъти по-голяма грешка от която и да е грешка при акуратна работа (табл. 5).

Ако се разгледа цел D и трябва да се спази безопасната дистанция за разминаване 2 мили възможностите са две:

1) Да продължи промяната на курса надясно, докато новата линия на относително движение допре окръжността с радиус 2 мили, което означава още около 60° промяна на курса надясно. Това не винаги е безопасно или възможно – наличие на навигационни опасности, плаване в схеми за разделно движение и т.н. Или:

2) Започване на маневрата 6-7 минути по-рано.

От гледна точка на кораба-цел при положение, че се познава поведението на даващия път кораб в конкретните условия, и иска да запази безопасна дистанция 2 мили трябва или да разчита на голяма промяна на курса на маневриращия, или да предприеме действия за увеличаване дистанцията на разминаване.

Пример 2: Условия в района – вятър със скорост 50 kn и посока 225° . Маневриращият кораб плава на курс 000° със скорост 10kn. Безопасна дистанция за разминаване 20 кабелта, начало на маневрата 00 06. Проследявани са три цели на насрещен курс – Табл. 6.

Таблица 6**Данни за три цели, с които се решава задача за разминаване**

	Време [hour:min]	Пеленг [°]	Дистанция [cables]
цел В	00 00	000	75
	00 06	000	50
цел С	00 00	359	68
	00 06	359	42
цел D	00 00	357	48
	00 06	354	23

Цел В – на насрещен курс, CPA=0 в 18-та минута. $K_k=180^\circ$, $V_k=15$ kn. Ако се започне маневра в 6-та минута (дистанция между маневриращия и целта 5 мили) и курсът се отклони мигновено с 60° надясно, разминаването ще бъде на дистанция 20 кабелта в 00 19.

Цел С – при вятър със сила 20 kn и посока 225° на маневриращия кораб ще му бъде необходимо време 01:46 мин., за да промени курса си с 60° . Ще се премести 3.8 каб. напред по първоначалния си курс и 0.9 каб. по първоначалния си траверс (табл. 3). Тези данни са с пренебрежимо малка разлика от данните, получени при маневрените изпитания. За това време корабът-цел би се придвижил 4.4 каб. напред по курса си. Пеленгът към целта ще бъде 359° , дистанция 42 каб. Това е положението на цел С в 00 06.

Цел D - при вятър със сила 50 kn и посока 225° на маневриращия кораб ще му бъде необходимо време 06:38 мин., за да промени курса си с 60° . Ще се премести 10.7 каб. напред по първоначалния си курс и 2.4 каб. по първоначалния си траверс (табл. 3). За това време цел В би се придвижила 16.6 каб. напред по курса си. Пеленгът към целта ще бъде 354° , дистанция 23 каб. Това е положението на цел D в 00 06.

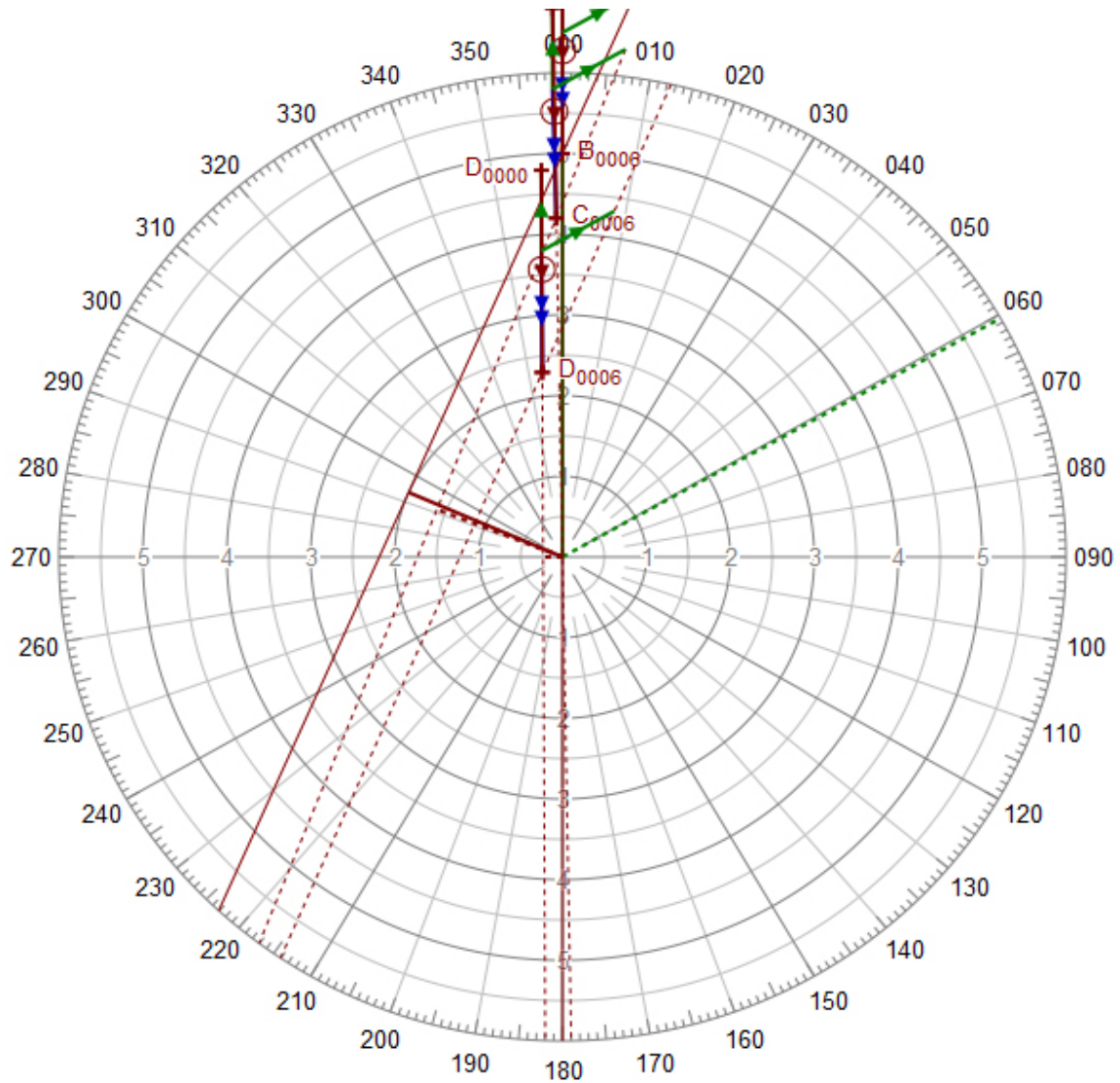
В 00 06 се променя курсът на маневриращия с 60° надясно, за да се размине с цел В на безопасната дистанция 20 каб.

Таблица 7

CPA и TCPA за трите цели от пример 2

	цел В	цел С	цел D
CPA [cab]	20	16	11
TCPA [hour:min]	00:19	00:16	00:12

Резултатите са аналогични на резултатите от Пример 1 (табл. 7). CPA намалява от 20 каб. при мигновена промяна курса на маневриращия с 60° надясно до 16 каб. при отчитане на маневрени характеристики за вятър 20 kn с посока 225° и до 11 каб. при отчитане на маневрени характеристики за вятър 20 kn с посока 225°. Ако трябва да се запази CPA 2 мили е необходима голяма промяна на курса надясно и голямо увеличение на скоростта (в този случай ситуацията е „изпусната”, т.е. няма практически възможна маневра за разминаване на безопасна дистанция 2 мили). Единственото разумно и безопасно решение е започване на маневрата поне 7 минути по-рано.



Фигура 3 Решение на задачата за разминаване от пример 2 с използване на програмата *Radarplot* [3], аналогично маневрен планшет

В голяма част от случаите при изчисленията, които извършва ARPA, маневрените характеристики не се симулират и картината на екрана на радара ще бъде същата като фиг. 2 и фиг. 3. Ако се симулират, то е за конкретен случай на

натоварване и благоприятни хидро и метеорологични условия (примерите с цел „С” на фиг. 2 и фиг.3) без отчитане действието на външни фактори. Ръководството за експлоатация на ARPA трябва да съдържа обяснение на принципите, залегнали в процеса на прилагане на техниката „пробна маневра”, включително, ако е предвидено, симулирането на маневрените характеристики на собствения кораб. Как обаче ще се променят маневрените характеристики при промяна на външните условия и преценката дали изобщо ще може реално да се направи желаната маневра остава на Капитана, респективно навигационния офицер. За сравнение ако се разгледа отново фиг. 2 – цел „В” би трябвало да се размине на дистанция 20 кабелта, цел „С” на 17 кабелта, а цел „D” на 13 кабелта. Грешката в изчислената минимална дистанция за разминаване в случай, че не се отчитат маневрените характеристики, надминава значително която и да е грешка при изчислението на минималната дистанция.

Важно е да се отбележи, че при провеждането на експериментите:

В момента на достигане желаната промяна на курса рулят все още е отклонен 35° от диаметралната равнина – това е най-бързия начин да се достигне курса за безопасно разминаване. В сравнение ако отклонението се прави от автопилот или е дадена команда на рулевия например „Легни на курс 060° (ИК+ 60°) в зависимост от ъгловата скорост, с която се извършва поворота, ще се „посреща” преди достигане на желания курс с намерение при достигане на курса ъгловата скорост да е намалена значително. Това довежда до увеличаване на времето за промяна на курса и намаляване минималната дистанция за разминаване.

При решаване задачата за безопасно разминаване намаляването на скоростта следствие на циркулацията се отчита. Това би намалило СРА, тъй като

изчислената безопасна е при условие, че след промяната на курса плаването продължава с началната скорост на маневриращия.

Не се отчита неравномерността на вълнението, което би намалило скоростта поради слеминг или други причини, което от своя страна води до влошаване на маневрените характеристики.

Експериментите са направени в условия на дълбока вода. При плаване в плитководие маневрените характеристики са влошени допълнително, което усложнява още повече промяната на курса.

Установено е, че посоката на вятъра е от голямо значение за влиянието му върху маневрените характеристики.

ИЗВОДИ:

Маневрените характеристики силно се влияят от условията на плаване. Ако не се отчитат при решаване задача за разминаване или промяна на курса по друга причина се получават големи грешки и опасност от сериозни инциденти. Рискът от непредвидени усложнения като влошаване маневрените характеристики, намаляване скоростта, грешка на техническите средства и др. може да бъде сведен до минимум с акуратно отчитане на външните и вътрешните фактори, влияещи на маневрените характеристики и своевременни действия, започващи на достатъчно голямо разстояние.

В статията са използвани следните означения и съкращения:

Advance (Adv) – разстоянието, изминато от геометричния център на кораба по посока на първоначалния курс до определена промяна на курса (напр. 90°)

Transfer (Tr) - разстоянието, изминато от геометричния център на кораба по посока, перпендикулярна на първоначалния курс до определена промяна на курса (напр. 90°)

Тактически диаметър (Tactical diameter) - разстоянието, изминато от геометричния център на кораба по посока, перпендикулярна на първоначалния курс до промяна на курса със 180°

ARPA - Automatic Radar Plotting Aids

L - най-голямата дължина на кораба

ММО - Международна Морска Организация

ИК - истински курс на кораба

CPA - най-малка дистанция на сближение

ТСРА - време за достигане най-малката дистанция на сближение

ИКм - истински курс на маневриращия кораб

КЪ - курсови ъгъл

Използвана литература:

1. COLREG 1972/83 as amended
2. <http://marad.bg/node/869> – Международна конвенция за безопасност на човешкия живот на море от 1974г., както е изменена с протокол от 1988г. (SOLAS), гл.V, стр.20-22
3. <http://www.brainaid.de/people/ecd/radarplot/>
4. IMO RESOLUTION A.823(19) PERFORMANCE STANDARDS FOR AUTOMATIC RADAR PLOTTING AIDS (ARPAs)
5. STCW code