

УДК 656.61.052.484

DOI: 10.31653/2306-5761.27.2017.219-224

**BLOCK DIAGRAM OF THE ALGORITHM FOR  
CALCULATING THE MANEUVER OF LAST MOMENT****БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА МАНЕВРА  
ПОСЛЕДНЕГО МОМЕНТА**

*A.M. Berestovoy, PhD., professor, O.Y. Yanchetsky, PhD student, A. A. Chernysh, PhD student*

*А.М. Берестовой, д.т.н., профессор, А.В. Янчецкий, аспирант, А.А. Черныш, аспирант*

*AMI NUOMA, Ukraine*

*АМИ НУОМА, Украина*

**ABSTRACT**

When selecting the actual actions to maneuver of last moment, there are some difficulties that hinder concerted action in a situation dangerous proximity of vessels. In the future, it is advisable to conduct further analysis to determine the distance of the convergence, the forces acting on the ship, the time interval between the rudder, speed and resistance, respectively, which requires some research.

**Key words:** maneuver of last moment, forces, analysis, pivot point, block diagram.

**Постановка проблемы в общем виде**

В процессе маневрирования судов наступает момент, когда происходит чрезмерное, опасное или аварийное их сближение, когда судоводитель не может выполнять расчеты по выбору маневра и ему необходима помощь в виде системы поддержки принятия решения. Такая система, должна оперативно в момент наступления сближения выдать рекомендации по виду маневрирования. Не смотря на то, что в настоящее время формализованные модели (расчетные схемы) разработаны достаточно подробно, блок-схемы алгоритмов выполнения ряда расчетов разработаны не достаточно.

**Формулировка целей статьи (постановка задачи)**

Целью данной статьи является разработка блок-схемы алгоритма расчетов маневра судна для предупреждения чрезмерного, опасного или аварийного его сближения с другим судном, что может являться функциональной схемой поддержки принятия решения.

**Анализ последних исследований и публикаций по решению проблемы**

В работах [1, 2] рассмотрены вопросы обеспечения навигационной безопасности при управлении движением судов при их сближении. При этом отсутствует четкое определение термина «маневр последнего момента», под

которым обычно понимают маневрирование, направленное на предотвращение столкновения судов при неожиданно определенной визуальной угрозе столкновения, когда на обдумывание или решение задачи нет времени и необходимо действовать мгновенно, применяя маневры «лево или право на борт», «полный задний ход», а чаще их сочетание.

Термин «маневр последнего момента» можно кратко объяснить множеством его характеристик, что требует проведения научных исследований в направлении разработки соответствующих практических рекомендаций судоводителям.

Цель «маневра последнего момента» (МПМ) - это расхождение судна с препятствием на безопасном расстоянии, а так же избежание касания, а не разойтись на расстоянии более заданного и тогда маневр последнего момента достигнут, даже если суда разошлись на расстоянии менее заданного.

В работе [3] приведены аналитические зависимости на основе аксиом на базе которых разработана модель процесса расхождения с одиночной целью.

На рис 1. представлена схема движения судна с переложенным рулем и подробно описано влияние различных сил на судно.

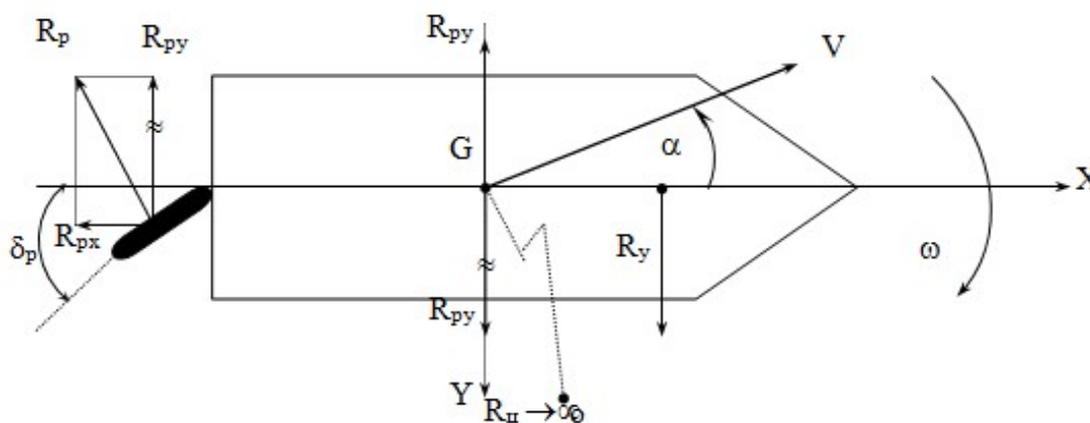


Рис. 1 Силы, действующие на судно с переложенным рулем в начальной стадии поворота судна.

Под влиянием поперечной составляющей, корпус испытывает приложенную в центре тяжести силу  $R_{py}$  и момент  $M_p$  относительно вертикальной оси  $Z$ .

После начала поворота под влиянием  $R_{py}$  центр тяжести судна приобретает боковое перемещение во внешнюю сторону поворота - обратное смещение. При этом, появляется угол дрейфа  $\alpha$ , а значит и поперечная гидродинамическая сила  $R_y$  на корпусе, направленная внутрь поворота.

Её точка приложения в соответствии со свойствами крыла смещена в нос от центра тяжести, а момент силы  $M_r$  имеет тот же знак, что и момент руля  $M_p$ , поэтому появляется и начинает быстро возрастать угловая скорость  $\omega$ , рис 1.

При движении центра тяжести  $G$  по криволинейной траектории с радиусом  $R_{ц}$ , каждая точка по длине судна описывает относительно общего центра  $O$  свою

траекторию, значение которой возрастает по мере удаления в сторону кормы. В нос от центра тяжести углы дрейфа уменьшаются.

В настоящее время методика формирования блок-схем и алгоритмов выполнения расчетов по предотвращению столкновения судов практически отсутствует.

В работе [4] рассмотрена система обеспечения движения и управления судна, а также построение автоматических систем управления курсом, скоростью и его положением. Одновременно рассмотрены основные задачи электронных систем и методы информационной поддержки принимаемых решений по управлению движением. Однако вопросы оценки опасного сближения с другими судами и объектами, а так же соответствующие системы поддержки принятия решений по предупреждению аварийного происшествия не рассмотрены.

Проанализировав ряд аксиом для расхождения [3], можно сделать вывод, что цели опасны и существует столкновение, а так же выполняется условие  $(d\Pi/dt)=0$ ,  $(d\Pi/dt)<0$ .

Для получения аналитических зависимостей и учета маневренных характеристик судна при выполнении маневра последнего момента в момент сближения, необходимо определить на каком расстоянии нужно начинать изменять параметры движения и когда наступает время последнего момента, при котором еще можно предупредить столкновение.

Зависимости для оценки расстояния в момент начала маневрирования имеют вид [3]:

$$D_{\text{ПМТ}} = H_{\text{T}}M\sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (1)$$

$$D_{\text{ПМП}} = H_{\text{П}}M\sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (2)$$

$$D_{\text{ПМЛ}} = H_{\text{Л}}M\sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (3)$$

где  $H_{\text{T}}M$  – расстояние, которое пройдет собственное судно от момента подачи команды на задний ход до полной остановки;

$H_{\text{П}}M$  – расстояние, которое пройдет собственное судно, от момента подачи команды «право на борт» до момента расхождения;

$H_{\text{Л}}M$  – расстояние, которое пройдет собственное судно от момента подачи команды «лево на борт» до момента расхождения;

$k$  – относительная скорость судна.

Приведенные зависимости (1)-(3) позволяют выработать ряд необходимых рекомендаций по выполнению маневра последнего момента, а также автоматизировать процесс выбора его вида, изображенный на рис 2. [5]

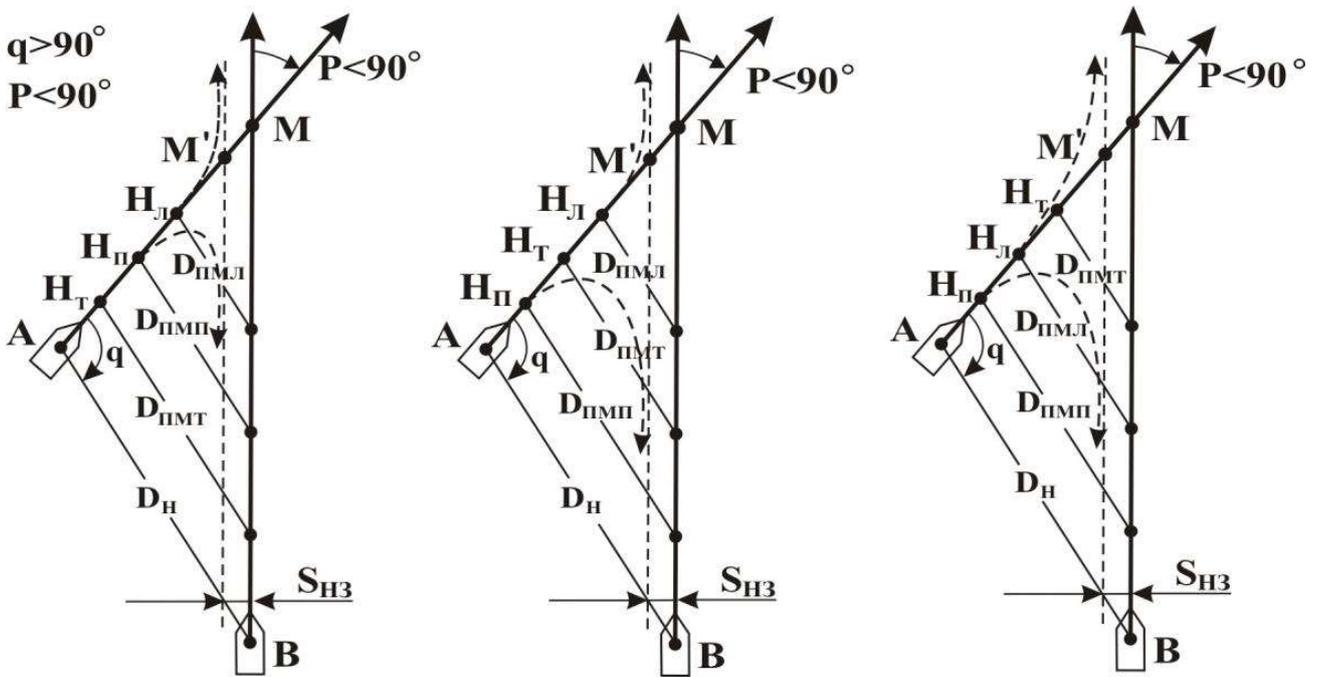


Рис 2. Расчетная схема для оптимизации выбора маневра последнего момента

А и В – суда, идущие своими курсами;  $H_T$  – начало торможения;  $H_П$  – начало отворота вправо;  $H_Л$  – начало отворота влево;  $S_{НЗ}$  – величина навигационного запаса;  $D_{ПМТ}$ ,  $D_{ПМП}$ ,  $D_{ПМЛ}$ , – расстояние между судами в момент начала торможения, отворота вправо и влево соответственно;  $P$  – угол пересечения курсов;  $MM'$  – точка пересечения курсов до и после поворота;  $q$  – курсовой угол.

Учитывая вышеупомянутые зависимости, момент времени, когда следует выполнять МПМ торможением, определяется формулой [3]:

$$T_{ПМТ} = (D_H - D_{ПМТ})/V_0 \cdot R, \tag{4}$$

где  $D_H$  - расстояние до другого судна, в момент начала расчетов

Время наступления маневра последнего момента отворотом влево:

$$T_{ПМЛ} = (D_H - D_{ПМЛ})/V_0 \cdot R, \tag{5}$$

Время наступления маневра последнего момента отворотом вправо будет иметь вид:

$$T_{ПМП} = (D_H - D_{ПМП})/V_0 \cdot R, \tag{6}$$

Для определения выбора маневра последнего момента необходимо рассчитать и произвести сравнение указанных видов маневров, а так же определить расстояние до другого судна и время, когда наступает последняя возможность предупредить столкновение маневром собственного судна с учетом навигационного запаса и сил действующих на него. Такие расчеты рекомендуется выполнять заблаговременно для режима движения собственного судна и другого, которое является опасным.

Блок-схема алгоритма расчета вида маневра для предупреждения чрезмерного, опасного или аварийного сближения представлена на рис 3.

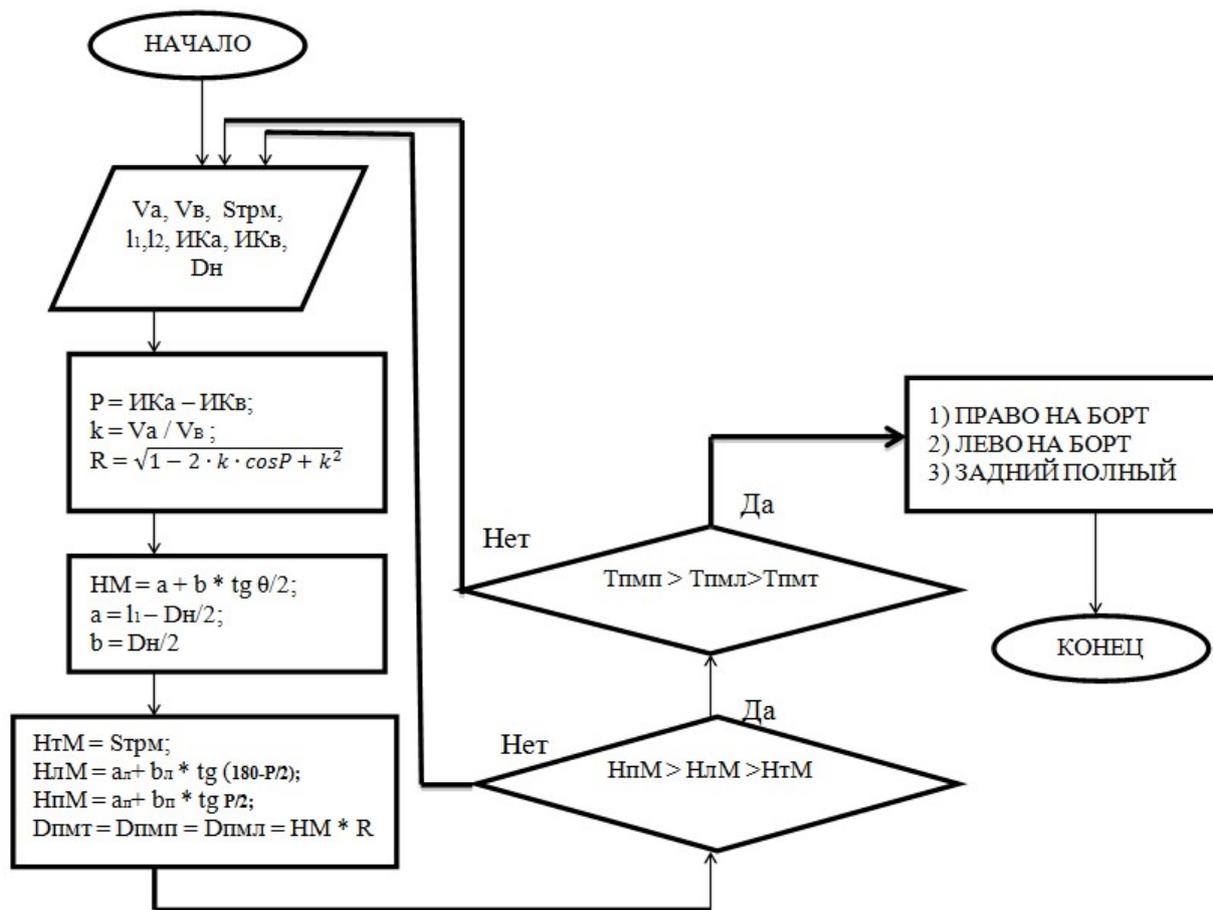


Рис. 3 Блок-схема алгоритма расчета вида маневра

### Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

При выборе актуального действия осуществляемого маневра последнего момента существуют определенные сложности, которые затрудняют согласованные действия в ситуации опасного сближения судов. Для этой цели разработана одна из возможных блок-схем алгоритма расчета вида маневра последнего момента. В дальнейшем целесообразно провести дополнительный анализ в части определения расстояний сближения, сил действующих на судно, промежутков времени между перекладками руля, скорости движения и соответственно сопротивления, что требует определенных исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Олышамовский С. Б. Маневр последнего момента / С. Б. Олышамовский, А. И. Студеникин, А. И. Кондратьев // Морской транспорт. Серия: Безопасность мореплавания, М.: Мортехинформреклама. – 2002. – Вып. 11 (402) – С. 1-31

2. Кондратьев А. И. Оперативный выбор безопасных маневров последнего момента в судовых навигационно-информационных системах: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.13, 05.22.19. – Новороссийск СПб., 2002. – 113 с.
3. Мальцев А. С. Маневрирование судов при расхождении / А. С. Мальцев – Одесса: Морской тренажерный центр, 2002 – 208с.
4. Вагущенко Л. Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна – Одесса.: Латстар, 2002. – 310с
5. Мамонтов В. В. Алгоритмы и расчетные схемы оценки предисторий аварийного происшествия с судном. / В. В. Мамонтов // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып. 20 – Одесса: «ИздатИнформ», 2013. с. 144-154.