

УДК 656.61.052

**USE OF INFORMATION ON THE RELIEF OF SEABED FOR
NAVIGATIONAL SAFETY****ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ О РЕЛЬЕФЕ ДНА ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ****Maltsev A.S., DSc, professor****Vilsky G.B., PhD, associate professor**¹**Мальцев А.С., д.т.н., профессор**²**Вильский Г.Б., к.т.н., доцент**¹*Odessa National Maritime Academy, Ukraine*¹*NTU, Ukraine*²*Одесская Национальная Морская Академия, Украина*²*МТУ, Украина***ABSTRACT**

To ensure safe navigation in the surveyed areas needed to use under water station which was implemented to select the mode of movement.

If you have information about the appearance of underwater obstacles shall immediately stop by braking the rear at full speed, to assess the situation.

Mode selection movement in unknown underwater area on the recommended algorithm, taking into account the technical characteristics of the under water station, particularly the profitable range detection of underwater obstacles.

Hydrographic vessels, and so in the course of their work are forced to swim in the unknown underwater areas to hydro acoustic stations instead of the usual echo.

The proposed method of choosing safe speed can be adapted by conventional vessels, taking into account information from navigation sounder, but further research is needed.

The research results can be used in maritime training for the cadets senior courses and on ships to select safe mode.

Keywords: information, underwater obstacles, navigation sounder, maritime training.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами

При системном анализе навигационных происшествий обычно рассматривают статистические данные, которые характеризуют обобщенные тенденции причин аварий и не позволяют определить конкретные меры по их устранению.

Одной из причин аварийности являются посадки на мель, однако им предшествует существенное уменьшение запаса воды под килем. Однако при рассмотрении происшествия обращают внимание на наличие и точность определения места судна, не придавая значения показаниям эхолота. В некоторых случаях он вообще оказывается не включенным, поэтому своевременно обнаружить приближение к опасности и потерю необходимого

запаса воды под килем не представляется возможным.

Между тем опыт плавания в мало обследованных районах мирового океана показывает, что использование эхолота и гидролокационной станции позволяет обеспечить безопасность плавания даже тогда, когда информация о рельефе морского дна отсутствует.

Однако систематизированные исследования по использованию информации о наличии запаса воды под килем для выбора безопасной скорости и курса недостаточны, а практических рекомендаций по ее применению для обеспечения навигационной безопасности мало.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Сведения, для составления морских навигационных карт (НМК) и пособий получают в результате описных работ [1] специальных гидрографических экспедиций, непрерывно работающих на различных участках Мирового океана. Дополнительными источниками для пополнения и корректуры НМК и пособий являются сведения, получаемые от судов, занятых обследованием небольших участков моря, а также ограждением путей и фарватеров. Перед нанесением на НМК все материалы подвергаются систематизации, отбору и специальной камеральной обработке.

Гидрографическое изучение осуществляется по правилам, инструкциям и наставлениям, установленным для каждого вида гидрографических работ. Наибольший интерес для судоводителя, кроме специально установленных ориентиров на местности, представляют общий рельеф дна, характер грунта, наличие навигационных опасностей, детальное знание характеристик фарватеров, гаваней и якорных мест. Эти сведения гидрографы получают в результате промера.

В зависимости от расположения обследуемого района моря относительно берега различают промеры:

- ✓ прибрежный, от береговой черты до предела геометрической видимости;
- ✓ морской, от морской границы прибрежного промера до предела действия высокоточных радионавигационных систем;
- ✓ океанский, за границей морского промера.

По характеру производства промер может быть систематическим, выполняемым путем планомерного покрытия заданной площади системой промерных галсов через установленные интервалы, или маршрутным, выполняемым одиночным и галсами по пути следования судна.

Для достоверного определения местоположения при промере используют высокоточные способы, путем организации сети опорных пунктов, а измерение глубины производят в момент определения координат.

На участках со сложным рельефом сгущают промерные галсы, а мелководья и банки подвергают специальному обследованию для установления их границ. При этом применяют такие способы определения места судна, которые обеспечивают наиболее верное взаимное расположение галсов промера и максимально точное определение места наименьшей глубины. Если

в данном районе имеются объекты малых размеров (скалы, затонувшее судно, утерянные якоря, железобетонные блоки и др.), то проводят гидрографическое траление. Гидрографические тралы бывают жесткие механические, гибкие механические и гидроакустические. На картах обычно указывается вид трала, которым произведено траление, и глубину, на которую произведено траление.

Особую категорию навигационных опасностей представляют опасности, положение (ПС) или существование (СС) которых сомнительно. Для того, чтобы уточнить их существование или упразднить производят специальное обследование площади, где находится такая опасность. Перед началом поиска изучают историю появления опасности на карте, анализируют все картографические и описательные материалы.

В зависимости от величины назначенной площади обследования, геоморфологии дна, глубины моря в данном районе, удаленность от берега и технических возможностей, поисковые работы обычно выполняют в виде промера частыми галсами, аэрофотосъемки или гидролокации. Гидрографическим тралением целесообразно производить поиск объектов, имеющих небольшие размеры в пределах ограниченных областей, но уже обследованных промерами.

Несмотря на то, что в настоящее время акватории Мирового океана в основном обследованы, однако имеются отдельные районы, плавание в которых сопряжено с опасностью, из-за слабой гидрографической изученности. В основном это районы океана с низкой интенсивностью судоходства, а также районы с изменчивыми формами рельефа морского дна.

Для оценки безопасности движения судов применяют различные алгоритмы оценки опасности. Различными исследователями предлагаются такие критерии как - "область столкновения", "зона уклонения", "зона навигационной безопасности". Для оценки навигационной безопасности в необследованных районах наиболее подходящим является термин "зона навигационной безопасности" (ЗНБ), в литературе еще известный под названием "домена". Под ЗНБ понимается участок вокруг судно, при нахождении опасности на краю которого, еще можно избежать столкновения с ней управляющими воздействиями судна. При нахождении опасности в ЗНБ избежать столкновения невозможно.

В работе [2] предпринята попытка учесть информацию о подводной обстановке, путем введения трехмерной домены, включающей навигационный запас по подводной обстановке. Однако практических рекомендаций и алгоритмов для ее построения не разработано.

В работах [3,4] рассмотрены вопросы построения домены по надводной части корпуса судна, однако в них не учитывается информация о подводной обстановке.

В работе [5] рассмотрены вопросы выбора безопасной скорости, однако в ней не учитывается информация о подводной обстановке и не указано каким образом ее можно получить. Между тем [5] детальный анализ аварийности 173 происшествий в районе Северо-Западной части Черного моря за последние 25 лет показывает, что 81 случай произошел из-за посадки на мель. Этот показатель свидетельствует о том, что на судах отсутствуют технические

средства предупреждения о недопустимом приближении к подводной опасности.

Формулировка целей статьи (постановка задачи)

Результаты познания обладают свойством системности, которое в технических науках обеспечивается построением содержательных и формализованных моделей, адекватно описывающих поведение материальных объектов.

Целью данного исследования является решение задачи реализующей концепцию гарантированной информационной безопасности судна с использованием формально-логических принципов, которые применяются при выборе безопасной скорости по расстоянию до подводного препятствия или опасной глубины.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

Установить наличие малообследованных районов по маршруту предстоящего перехода можно по навигационным морским картам (НМК) или лотциям, при этом карта дает более наглядное представление. Перед тем как воспользоваться НМК, необходимо внимательно проанализировать все элементы ее содержания, т.е. прочитать карту. Под чтением карты подразумевается ее изучение с целью получения объективного представления о ее нагрузке.

При чтении карты наличие необследованных районов можно по двум элементам ее содержания: предупреждениям и примечаниям; рельефу морского дна. Предупреждения и примечания представляют собой текстовое дополнение к карте, содержащее исключительно важные сведения об обстановке в районе, описываемом данной картой. Это сведения о режиме плавания, обнаружении новых навигационных опасностей, действии течений, наличии необследованных районов или участков, фактах выявленных отклонений положения суши или островов относительно указанных на карте, данные о точности и достоверности картографического изображения, о надежности средств навигационного ограждения и ряд других.

Информацию предупреждений и примечаний о достоверности данной НМК судоводитель должен дополнить из зарамочных надписей. Зарамочные надписи содержат выходные данные об использованных картографических материалах, о геодезической основе карты, о датах издания и корректуры карты. Сведения о положенных в основу НМК картографических материалах позволяют судить о ее точности, достоверности и современности. Уровень современности определяется не только качеством картографического материала, но и датами ее первого и нового издания и корректуры.

Рельеф дна - основная характеристика морской обстановки и важнейший элемент содержания НМК. Для безопасного мореплавания правильное изображение имеет первостепенное значение. Графическим средством для передачи подводного рельефа служат отметки глубин и изобаты, частота изобат устанавливается в зависимости от крутизны дна, масштаба и типа карты. В

районах фарватеров и рекомендованных курсов показу подводного рельефа на НМК уделяют особое внимание. Фарватер всегда тщательно отмечают глубинами и обозначают изобатами.

Необследованный район отличается тем, что рельеф дна нанесен недостаточно полно, либо на карте нет никаких сведений о рельефе дна (белые пятна). Поэтому следует избегать плавания в таком районе, а при необходимости пройти через него, требуется специальная подготовка судна и выбор режима движения.

Специальная подготовка заключается в выполнении следующих мероприятий на судне:

- ✓ задраивают все водонепроницаемые закрытия, иллюминаторы;
- ✓ проверяют исправность осушительной и балластной систем путем пробного пуска;
- ✓ производят тренировку по переходу на аварийное управление рулем;
- ✓ предупреждают машину о повышенной готовности к выполнению реверсов, для его вызывают подвахту и старшего (главного) механика;
- ✓ якоря изготавливают к немедленной отдаче;
- ✓ выставляют постоянную вахту у эхолота (гидролокатора);
- ✓ проверяют связь со всеми постами, выставляют вахту в румпельном отделении;
- ✓ организуют усиленную вахту на ходовом мостике, выставляют впередсмотрящих для наблюдения за поверхностью воды и окружающей обстановкой.

Основным фактором, обеспечивающим безопасность плавания, является скорость хода судна. Безопасную скорость рассчитывают и назначают с учетом возможностей визуальных и технических средств по обнаружению опасности при данных условиях плавания.

Визуальные средства наблюдения позволяют обнаружить опасность по внешним признакам - водорослям, водоворотам, сулоям, изменению цвета воды, выступающим частям опасности, изменению характера волнения, появлению животных и птиц и ряду других. Однако этот вид наблюдения и обнаружения опасности можно применять только при хорошей видимости и погоде.

Технические средства судовождения позволяют обнаружить подводные и надводные опасности, однако расстояния, при которых это возможно сделать, незначительны. Так, технические характеристики РЛС позволяют обнаружить предметы небольших размеров (камни, скалы возвышающиеся над уровнем моря на 0,5-1 м, низменный песчаный берег) с расстояния до 2 мили. Гидроакустическая станция (ГАС) позволяет обнаружить подводные препятствия с расстояния до 1 мили. По рельефу дна препятствие можно обнаружить с расстояния 0,2 — 0,5 мили.

По указанным выше причинам безопасную скорость рассчитывают с учетом визуальной видимости, погодных условий, технических характеристик средств надводного и подводного наблюдения, маневренных и инерционно-тормозных характеристик судна.

Рассмотрим методику выбора безопасной скорости при плавании в

необследованном районе для маневра экстренного торможения задним полным ходом (ЗП) для случая обнаружения опасности. Обозначим дальность обнаружения опасности любыми средствами наблюдения через $D_{об}$. Принципиальной особенностью маневра торможения для предупреждения навала на неподвижную навигационную опасность является тот факт, что его выполнение определяется только характеристиками собственного судна, которые известны.

В существующей литературе принято считать термин “безопасная скорость” слишком широким понятием, что лишает его предметной истинности. Действительно, до тех пор, пока задача не формализована до такой степени, чтобы судоводитель мог произвести численный расчет безопасной скорости, требование о необходимости ее соблюдения является декларативным.

Для того чтобы выбрать скорость движения, которая бы соответствовала существующим условиям плавания и маневренным свойствам судна необходимо выработать критерий, который позволил бы уменьшить число альтернатив, влияющих на принятие решения.

Такую задачу невозможно решить без учета всех требований существующих правил и регламентаций. Однако содержащиеся там рекомендации не позволяют однозначно назначить безопасную скорость, так как они характеризуют качественную сторону процесса.

С точки зрения обеспечения безопасного режима движения определяющим будет время от момента, когда обнаружена необходимость экстренного маневрирования, до момента, когда такой маневр начнет выполняться. После того, когда опасность обнаружена и требуется экстренное маневрирование у судоводителя ограничено время для выполнения маневра торможения и остановки судна. Произведем обоснование методики выбора и алгоритма действий судоводителя при назначении экстренного маневрирования.

Немедленная остановка судна возможна только тогда, когда существующая скорость меньше той, при которой главный двигатель уверенно запускается на задний ход. Поэтому на судах с двигателем внутреннего сгорания скорость уверенного реверсирования $V_{рев}$ является при любых обстоятельствах верхним пределом безопасной скорости.

Среди факторов, которые необходимо учитывать в совокупности с технической характеристикой двигателя, является дистанция обнаружения опасности с использованием гидроакустических средств. При отсутствии на судне гидролокационной станции безопасное плавание в необследованном районе невозможно. Информации от эхолота недостаточно для своевременного предупреждения о подводном препятствии.

Перечень требований, которые необходимо учитывать при выборе безопасной скорости может быть охарактеризован одним обобщенным критерием - дальностью уверенного обнаружения опасности ($D_{об}$).

С учетом вышеизложенного определяющими при назначении безопасной скорости будут три фактора: скорость уверенного реверсирования; дальность уверенного обнаружения $D_{об}$; маневренные характеристики судна.

Инструментальных способов определения визуальной видимости $D_{об}$ не существует, поэтому ее значение оценивают глазомерно, путем измерения расстояния до судна при помощи РЛС в момент его появления из тумана.

Особо необходимо отметить, что анализ известных навигационных аварий не позволяет установить прямой зависимости между фактом возникновения аварийного происшествия и $D_{об}$. Авария происходит по причине неадекватности действий судоводителя особенностям складывающейся ситуации.

Предлагаемый алгоритм выбора безопасной скорости основывается на сравнении расстояния до опасности в момент, когда она обнаружена, с характеристиками собственного судна и учетом времени, необходимого для принятия решения и его выполнения.

Получение зависимостей для расчета безопасной скорости по характеристикам торможения произведем для ситуации, когда опасность находится прямо по носу, неподвижна, а собственное судно следует со скоростью V_0 . Столкновения с опасностью не произойдет, если расстояние $D_{об}$ удовлетворяет (см. рис.1) следующему неравенству[5]:

$$D_{об} \geq S_L + m_D + S_{пр} + S_{трм} + S_{нз} + D_{ост}, \quad (1)$$

где S_L - расстояние от антенны гидролокатора до крайней носовой точки судна; m_D - СКП определения расстояния до опасности; $S_{пр}$ - расстояние, которое пройдет собственное судно за время принятия решения; $S_{трм}$ - тормозной путь, проходимый судном до полной остановки; $S_{нз}$ - навигационный запас, вводимый судоводителем для компенсации ошибок учитываемых факторов; $D_{ост}$ - расстояние от опасности, на котором остановится судно.

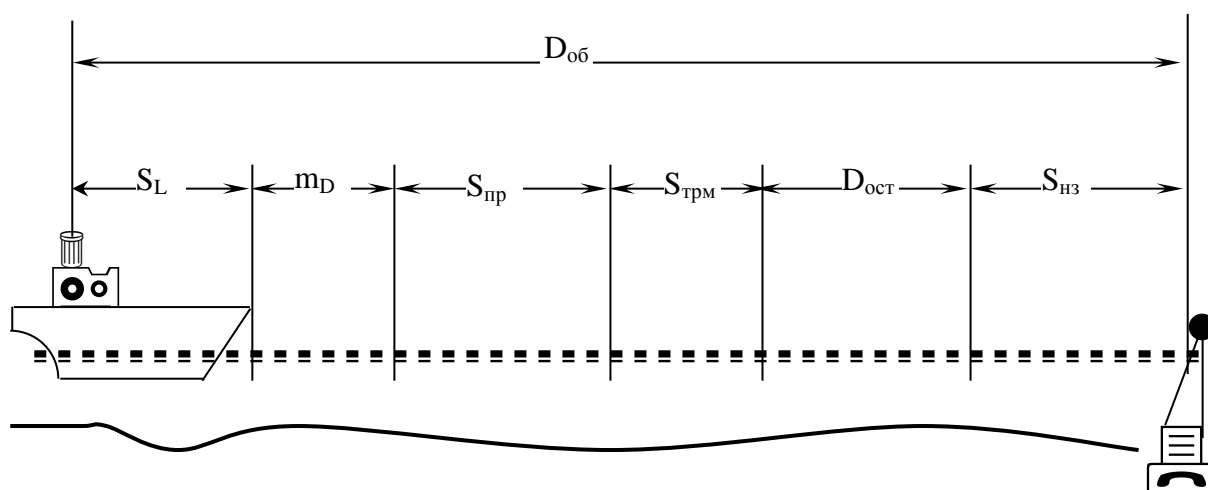


Рис.1 Движение судна при обнаружении подводной опасности

Значения S_L и m_D - известны судоводителю. Величину $S_{пр}$ можно рассчитать по формуле:

$$S_{пр} = V_0 \cdot t_{пр} \quad (2)$$

где V_0 - текущая скорость движения судна;

$t_{пр}$ - время анализа обстановки и принятия решения от момента

обнаружения опасности до отдачи команды на маневрирование.

Величина $t_{пр}$ зависит от субъективных свойств судоводителя. Для расчета безопасной скорости необходимо неравенство (1) разрешить относительно $S_{трм}$, приняв $D_{ост} = 0$, рассматривая крайний случай остановки на расстоянии $S_{нз}$:

$$S_{трм} = D_{об} - S_L - m_D - S_{пр} - S_{нз} \quad (3)$$

С учетом формулы (3) разработана блок-схема алгоритма, приведенная на рис. 2.

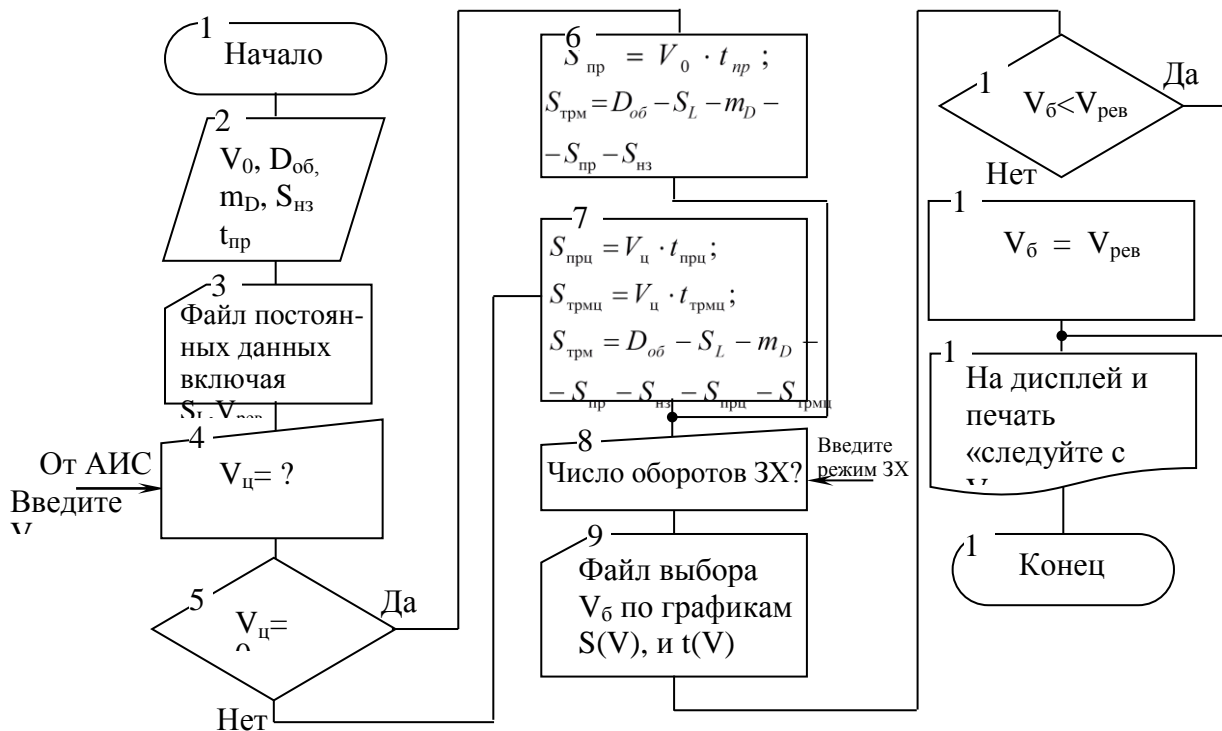


Рис.2. Блок-схема расчета безопасной скорости при торможении

После ввода соответствующих данных на экране ПЭВМ высвечивается надпись “Следуйте безопасной скоростью $V_б = уз$ ”. Эту задачу можно решить графически, используя данные о характеристиках торможения в виде зависимости пути и времени от начальной скорости и режима торможения.

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

1. Для необследованных районов плавания предложена методика выбора скорости движения использующая данные гидролокационной станции и реализующая концепцию гарантированной информационной безопасности судна.
2. При наличии информации о появлении подводного препятствия судно должно немедленно остановиться, путем торможения задним полным ходом, для оценки обстановки.
3. Выбор режима движения в необследованном районе рекомендуется по приведенному алгоритму, с учетом технических характеристик ГАС, особенно дальности уверенного обнаружения подводного препятствия.
4. Суда гидрографического обеспечения и тем, которые по роду своей деятельности вынуждены плавать в малообследованных районах

необходимо обеспечивать ГАС, взамен обычных эхолотов.

5. Приведенная технология выбора безопасной скорости может быть адаптирована к обычным морским судам, с учетом информации от навигационного эхолота, однако для этого необходимы дальнейшие исследования.

Результаты исследований могут быть использованы в морских учебных заведениях при подготовке курсантов старших курсов и на морских судах для выбора и установления безопасных режимов плавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Ю.К. Навигация. / Ю.К. Баранов, М.И. Гаврюк, В.А. Логиновский, Ю.А. Песков. – СПб.: Лань, 1997. – 512 с.
2. Buller A., Jurdzinski M., Pastushak N. Trojwymiarowej domena Statsku/ A.Buller, M. Jurdzinski, N. Pastushak.// Institut Navigacjt. Master.Symp. 10 marca 1986. P. 5-15.
3. Goodwin E. M. A Statistical Study of Ship Domains / E. M. Goodwin // The Journal of Navigation. – 1975. - 28, № 3. - P. 328 – 341.
4. Май Ба Линь. Повышение точности процесса безопасного расхождения судов в стесненных условиях.: Дисс. канд техн.наук: 05.22.16.- Одесса, 2005. -168 с.
5. Вильский Г.Б. Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов / Г.Б. Вильский, А.С. Мальцев, В.В. Бездольный, Е.И. Гончаров // Под ред. А. С. Мальцева, Г. Б. Вильского. – Одесса-Николаев: Феникс, 2007. – 456 с.