



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра Морских информационных систем**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

(магистерская диссертация)

**На тему: «Алгоритмы определения параметров движения корабля  
относительно навигационных опасностей при движении в морском порту»**

**Исполнитель Рычихин Даниил Андреевич**

**Руководитель профессор д.т.н. Сикарев И.А.**

**«К защите допускаю»**

Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ Завгородний В.Н.

**«Согласовано»**

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Сикарев И.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Санкт-Петербург

2021 год

## Содержание

Перечень сокращений и условных обозначений .....	3
Введение.....	5
Глава 1 Портовые воды и навигационная аварийность .....	8
1.1 Портовые воды .....	8
1.2 Навигационные опасности .....	22
1.3 Навигационные аварии .....	25
Глава 2 Средства обеспечения безопасности в акватории морского порта....	38
2.1 Средства навигационного оборудования.....	38
2.2 Управление судоходством.....	48
2.3 Технические требования к модулям, системы поддержки принятия решений в составе комплекса СУДС .....	63
Глава 3 Движение судна и влияние гидрометеорологических условий .....	69
3.1 Алгоритм определения параметров движения судна относительно навигационных опасностей.....	69
3.2 Исследование учета гидрометеорологических условий на принятие решений по маневрированию судна при расхождении.....	80
Заключение .....	98
Список использованных источников .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## Перечень сокращений и условных обозначений

NMEA – National Marine Electronics Association

АИС – автоматическая идентификационная система

АИСРС – автоматизированная интеллектуальная система расхождения судов

БЗ – база знаний

БРЛС – береговая радиолокационная система

ГАС – гидроакустическая станция

ГКП – главный командный пункт

ГМО – гидроакустический маяк-ответчик

ДП – диаметральной плоскость

ЗНБ – зона навигационной безопасности

МАМС – международная ассоциация морских средств навигации и маячных служб

МППСС – международные правила предупреждения столкновений судов

НАП – навигационная аппаратура потребителей

ПЗМ – подводный звуковой маяк

ПУД – пост управления движением

РЛП – пассивный радиолокационный отражатель

РЛС – радиолокационная станция

РМО – радиолокационный маяк-ответчик

РНС – радионавигационная станция

РТСНО – радиотехнические средства навигационного обеспечения

СДУ ДПМС – система дистанционного управления дистанционно пилотируемого морского судна

СНО – средства навигационного оборудования

СРД – система разделения движения

СУДС – система управления движением судов

СУС – система управления судоходством

УКВ – ультракороткие волны

ЦУД – центральный пост управления движением

ЭКНИС – электронная картографическая навигационно-информационная система

## Введение

Большинство аварийных случаев происходит с судами в портовых водах, так как в стесненных условиях плавания эффективность судовых навигационных приборов меньше, чем в открытом море. Быстро меняющаяся обстановка повышает напряженность работы судоводителя, утомляет его. Порой объем поступающей информации становится больше того объема, который может воспринять и проанализировать человек, вследствие этого часть важнейших сведений остается неучтенной.

При плавании в портовых водах, когда нагрузка на все звенья навигационного комплекса очень велика, остро проявляется значение и объективных факторов, и индивидуальных качеств судоводителя.

Причем в свете общих тенденций развития судоходства эта нагрузка будет постоянно возрастать, что в свою очередь предопределяет необходимость качественно нового подхода к проблемам обеспечения безопасности движения и стоянки судов на стесненных акваториях. Объясняется такое положение, в первую очередь, количественными и качественными изменениями морского флота. Увеличение его количественного состава, внедрение новых прогрессивных форм перевозки и перевалки грузов при общем сокращении затрат времени на эти виды работ приводят к постоянному, росту интенсивности движения в портовых водах. Акватория, ограниченная размерами, становится год от года еще теснее, т. к. число одновременно находящихся в ее пределах судов постоянно возрастает. При этом увеличиваются размеры судов, длина их тормозного пути, диаметр циркуляции и другие параметры, характеризующие маневренные качества. Следовательно, увеличивается и акватория, необходимая для безопасного функционирования одного судна.

Возрастающая интенсивность движения в портовых водах при одновременном увеличении размеров судов усложняет обеспечение

безопасности плавания. Постоянно возрастающая нагрузка на судоводителя делает особо уязвимым человеческое звено навигационного комплекса.

Одним из наиболее эффективных современных средств создания объективно безопасных условий плавания в портовых водах, значительно снижающих влияние субъективных факторов, является централизованное управление судоходством с помощью технических средств, в том числе вычислительной техники.

Внедрение новых форм обеспечения навигационной безопасности влечет изменение существующих требований к структуре портовых акваторий, их компоновке по размерам в целом и отдельных элементов. Упорядочение движения судов в целях стандартизации навигационных задач, которые могут возникнуть, и сведение их числа до минимума приводят к возникновению внутри портовых судопотоков. Поэтому очевидно, что упорядочение движения судов в узкостях и на акваториях портов с целью уменьшения аварийности является комплексной задачей судоводителей, береговых служб обеспечения и проектировщиков портов.

Актуальность темы обусловлена тем, что с увеличением интенсивности судопотока и увеличением размеров судов возрастает риск возникновения навигационных аварийных случаев, в частности на территории портовых вод.

**Цель работы:** Исследование алгоритмов определения параметров движения корабля относительно навигационных опасностей при движении в морском порту.

**Задачи исследования:**

1. Рассмотреть акваторию морского порта.
2. Рассмотреть виды навигационных опасностей и навигационных аварийных случаев, с которыми корабль может столкнуться в акватории морского порта.
3. Рассмотреть средства навигационного оборудования и систему управления движением судов.

**4.** Исследовать алгоритмы движения корабля относительно навигационных опасностей и влияние гидрометеорологических условий на корпус корабля при маневрировании.

## **Глава 1 Портовые воды и навигационная аварийность**

### **1.1 Портовые воды**

Специфика работы морского порта предопределяет в составе используемой им площади наличие водных участков, предназначенных для обеспечения движения и стоянки обрабатываемых и обслуживаемых судов. Эти участки объединяются общими границами порта, в пределах которых действуют правила и постановления портовой администрации, например «Обязательное постановление», которое регламентирует судоходство, а также применение некоторых международных актов, соглашений, правовых норм. В частности, это относится к международным правилам предупреждения столкновения судов в море, отдельные положения которых в ряде портов могут быть существенно дополнены и изменены. Так, в некоторых портах суда, входящие в порт, обязаны уступить дорогу судам, выходящим из него, независимо от того, с какого борта они их видят. Скорость судна не устанавливается капитаном в соответствии с фактической ситуацией, а во всех случаях должна быть уменьшена до минимальной, обеспечивающей нормальную его управляемость. В случае возникновения тумана по распоряжению капитана порта движение может быть полностью прекращено.

Часто портовые правила предписывают несение судами дополнительных огней, обязательную лоцманскую проводку, запрещают подачу некоторых звуковых сигналов, устанавливают правила очередности прохода узкости и т.д.

На ранней стадии развития судоходства использовались водные участки, непосредственно прилегающие к причалам. Постепенно границы расширялись. В них, в зависимости от места расположения порта, стали включать всю или значительную часть бухты, устья реки, на открытом побережье – акваторию, огражденную волнозащитными сооружениями.



Водное пространство, входящее в границы порта получило название «акватория порта».

Рост размеров и количество судов морского порта вызвал необходимость увеличения размеров и числа якорных стоянок в порту и, следовательно, расширения его водных границ. Вследствие нехватки места на защищенной от морского волнения акватории началось использование внешних водных участков, прилегающих к бухтам, устьям рек или портовым волнозащитным сооружениям.

Акваторию порта стали разделять на внутреннюю и внешнюю. Следует отметить, что в ряде случаев при строительстве портов имеет место промежуточная стадия – создание аванпортов, т.е. дополнительных рейдов, огражденных молами или волноломами. Внешнюю акваторию используют для кратковременной якорной стоянки, производства рейдовых перегрузочных и девиационных работ.

Современные тенденции развития морского судоходства, особенно непрерывное и быстрое увеличение размеров и интенсивности движения судов, вызвали необходимость дальнейшего расширения границ портов, т.е. используемых водных пространств, включая концевые участки (подходы) коммуникаций, ведущих к ним, где значительно усложнилась навигационная ситуация.

Создавшееся положение объясняется следующим. Строительство портов требует больших капитальных вложений и времени. Являясь фактически перевалочной базой груза на стыке морского и других видов транспорта, они должны быть связаны с сухопутными и внутренними водными магистралями. Выполнение этого условия влечет за собой дополнительные значительные затраты. Стремление к экономии средств и сокращению времени строительства определяет тенденцию сооружения новых портов в непосредственной близости к функционирующим. Высокая экономическая эффективность эксплуатации крупнотоннажных танкеров, балкеров, контейнеровозов породила новый вид глубоководного порта, у

причалов которого груз переваливают на суда малого и среднего водоизмещения для транспортировки в порты с небольшими глубинами. Активно развиваются лихтерные перевозки в смешанном плавании река – море и, как правило, между речными портами. Но движение этих судов на участке, связывающем внутренние водные пути с морем, проходит зачастую транзитом через акватории морских портов. Рыбные порты со своим добывающим, обрабатывающим и транспортным флотом также тяготеют к районам, освоенным морскими портами, и нередко совместно с ними используют акватории бухт, устьев рек, водных участков, огражденных волнозащитными сооружениями. Это привело к появлению в непосредственной близости друг к другу акваторий рыбных и морских портов с общими местами якорных стоянок, девиационными полигонами, а также подходами.

Наметившиеся тенденции повлекли за собой необходимость увеличения области действия портовых правил, регламентирующих судоходство с учетом местных особенностей, унификацию их независимо от ведомственной принадлежности владельцев соседних водных участков. В связи с этим значительное расширение границ порта, а также включение в них подходов придали новое значение термину «портовые воды», который считался идентичным термину «акватория порта».

Теперь это понятие становится специальным, связанным с усложнением структуры водного района, используемого портом.

Портовые воды состоят из подходов, внешней и внутренней акваторий. Причем, если водные участки, принадлежащие различным ведомствам, имеют общую границу или расположены в непосредственной близости один к другому, они в совокупности рассматриваются как единые портовые воды.

Такая структура введена в целях создания условий для осуществления управления движением судов, одной из наиболее эффективных и экономических мер обеспечения навигационной безопасности, требующей относительно небольших капитальных вложений при быстрой окупаемости.

Портовые воды, через которые проходят пути, ведущие к другим портам, предприятиям, обслуживающим флот, речным коммуникациям, каналам и подобным объектам, расположенным вне границ порта, считаются транзитными, все остальные – конечными.

С позиций управления движением или его организации следует различать однобассейновые и многобассейновые портовые воды по количеству бассейнов, образующих акваторию порта (портов). Бассейном считается обособленный водный участок с комплексом причальных сооружений или мест стоянки, в том числе и необорудованных. Небольшие гавани для малотоннажного флота в расчет не принимаются. Бассейны, через которые проходят водные коммуникации, обслуживающие районы, расположенные за их пределами, считаются сквозными. Если два бассейна одного порта имеют обособленные входы, то такие бассейны называются замкнутыми.

В одном бассейне иногда располагается несколько акваторий порта, например, торговая и рыбная акватории. И, наоборот, акватория порта может занимать несколько бассейнов. Акватория порта – понятие, базирующееся на принципе районирования и одновременно связанное с ведомственной принадлежностью (акватория торгового порта, акватория рыбного порта, акватория речного порта и т. д.). Бассейн – понятие функциональное, введенное для преодоления ведомственных «барьеров» и порайонной разобщенности водных участков, что позволяет ввести единое комплексное управление движением в портовых водах.

Таким образом, кроме традиционного порайонного деления портовых вод на подходы, внешнюю и внутреннюю акватории, практикуется функциональная структура, состоящая из бассейнов и небассейновой части водного участка, входящего в границы порта или нескольких рядом расположенных портов.

В последнем случае все компоненты портовых вод, предназначенных для маневрирования и стоянки судов, называются зонами, а для следования

по назначению – фарватерами. В зависимости от места расположения они подразделяются на внутриводные (внутренние) и вневодной (внешние). Каждая зона функционально специализируется, т.е. в ней располагаются либо якорные стоянки, либо девиационный полигон, либо операционная акватория. Аналогично классифицируются фарватеры в зависимости от их назначения.

Порты, предназначенные для обработки и обслуживания морских судов, считаются морскими независимо от места их расположения, что определяет значительные различия в характеристиках портовых вод и подходов.

Существуют «открытые подходы» - водные коммуникации, ведущие к ним, и «подходы портовых вод» - часть их от внешней границы до акватории порта.

Морские порты могут располагаться на судоходных реках, непосредственно в устье, вблизи устья и значительном удалении от устья. Строят порты на суше далеко от моря, и соединяют с ним каналом большой протяженностью, а также в близлежащих озерах, лагунах и лиманах. Имеются порты, которые расположены в естественно защищенных от волнения бухтах, а также в незащищенных или на совершенно открытом берегу, что вызывает необходимость возведения молов, волноломов и других гидротехнических сооружений.

Удаленность порта от магистральных водных путей сказывается на протяженности, а естественные условия – на сложности подходов к нему. При этом значительную роль играют характер глубин, наличие подводных препятствий, геометрия пути. Подходы к портам, расположенным в местах с большими прибрежными глубинами, непротяженные и простые. В таких портовых водах функции подходов и внешней акватории часто совмещены. Подходы к портам, созданным на широких глубоководных реках в больших заливах и бухтах протяженные, но достаточно простые.

К некоторым портам ведут достаточно простые и непротяженные открытые подходы. Однако наличие каменистых банок, небольших островов, рифов в пределах портовых вод значительно ухудшает условия плавания – это дает основание отнести их подходную часть к категории сложных.

Таким образом, подходы, как в своей открытой части, так и в пределах портовых вод в зависимости от расположения порта бывают: простые по условиям плавания и непротяженные, простые и протяженные, сложные в навигационном отношении и непротяженные, сложные и протяженные.

Причем характеристики их по обе стороны границы порта могут значительно отличаться. Обычно в этом районе располагается подходная зона — место соединения судоходных коммуникаций с фарватером, ведущим на акваторию порта (подходный фарватер). Как уже отмечалось, портовые воды нередко объединяют акватории двух и более портов или нескольких бассейнов, значительно удаленных друг от друга. В этом случае от подходной зоны к ним ведут отдельные фарватеры.

На подходах размещаются также зоны ожидания на стоянке и на ходу. В пределах первой зоны размещаются якорные стоянки в основном для крупнотоннажных судов, а также отдельно для судов со взрывоопасными и ядовитыми грузами, которые порт временно не может принять для обработки. Эту зону используют суда и для кратковременной стоянки, когда движение в портовых водах затруднено вследствие неблагоприятных гидрометеорологических условий, особенно при пониженной видимости из-за тумана, мглы, снегопада.

При ухудшении погоды часто стоянка на якоре в зоне ожидания подходов становится затруднительной и даже опасной. Если нет возможности укрыться на защищенной акватории порта, суда уходят штормовать. Для этого на подходах предусматривается зона ожидания на ходу. Она располагается в стороне от водных коммуникаций и навигационных опасностей в районе, в котором имеется возможность для определения места судна с достаточной точностью при помощи судовой

РЛС, радиопеленгатора и визуальных средств, а также радионавигационных систем.

На подходах также располагаются зоны предрейсового навигационного обслуживания, требующие значительных площадей и глубин. К ним относятся девиационный и радиодевиационный полигоны, предназначенные для производства работ на ходу судна, а также мерная линия. Они оборудуются на безопасном расстоянии от фарватеров, мелей, банок и других навигационных препятствий.

Для зон ожидания на ходу и предрейсового навигационного обслуживания требуются значительные водные площади, обеспеченные достаточными глубинами. По этой причине создавать их в водах портов, удаленных от моря или расположенных на реках, зачастую невозможно, а при наличии достаточного количества защищенных якорных стоянок не надо. Место расположения порта влияет также на характеристики его акваторий, методы образования ее. На открытом морском побережье причалы, как правило, защищены от воздействия волн оградительными сооружениями. Так образуется внутренняя акватория порта. Значительная стоимость молов и волноломов предопределяет ограниченность ее размеров. Дальнейшее развитие порта в таких случаях связано с созданием новых грузовых районов со своей системой волнозащиты, при этом образуются бассейны, нередко примыкающие друг к другу. В этом случае внутренняя акватория порта состоит из участков, полностью или частично изолированных. Аналогичное положение наблюдается в портовых водах, расположенных на больших судоходных реках.

Небольшие бухты, достаточно защищенные от волнения, лиманы и прибрежные озера, как правило, полностью используются в качестве внутренней акватории порта или нескольких портов различных ведомств, соседствующих в одном бассейне. В больших бухтах и заливах, а также шхерах внутренняя акватория образуется волнозащитными сооружениями аналогично открытому морскому побережью.

Следует выделить портовые воды, в составе которых вообще нет внутренней акватории. До недавнего времени это было свойственно портам с малым грузооборотом — рейдовым портам открытого морского побережья, где суда обрабатывались с помощью перегрузочных плавсредств. Рост размеров судов, особенно перевозящих наливные грузы, появление супертанкеров с очень большой осадкой вызвали необходимость создания плавучих и стационарных причалов для них на больших глубинах, где возведение волнозащитных сооружений сопряжено со значительными техническими и экономическими трудностями. Так появились порты с большим грузооборотом, не имеющие внутренней акватории.

От места расположения порта зависят размеры внешней акватории, и даже сам факт ее наличия, глубины на ней. В портах, значительно удаленных от морского побережья и связанных с ним каналом или небольшой судоходной рекой, портовые воды состоят из подходов и внутренней акватории.

В портах, расположенных в районе с большими прибрежными глубинами, а также на реках, в значительном удалении от устья, размеры внешней акватории малые.

В состав акватории порта входят зоны: операционные, приемные, ожидания, маневров, расхождения, предрейсового навигационного обслуживания, а также фарватеры, связывающие их с подходами.

Операционными зонами (операционными акваториями) называют участки водной поверхности, прилегающие к стационарным или плавучим причалам. Они могут быть как на внешней, так и на внутренней акватории. Для снижения влияния гидрометеорологических факторов на обработку судов операционные зоны стремятся разместить в достаточно защищенных местах или ограждают волноломами (молами).

Зоны ожидания также располагают и на внутренней, и на внешней акваториях в соответствии с имеющимися возможностями, причем в местах, достаточно защищенных от волнения и с грунтом, хорошо держащим якоря.

Они могут быть рассчитаны на стоянку судов причальных устройств лагом, кормой, на бриделе, также на якоре.

Зона маневров располагается на внутренней акватории, как правило, непосредственно у входа. Однако в ряде портов на реках, в шхерах и длинных бухтах она оборудуется в виде разворотного круга в средней или концевой части используемой водной поверхности.

В пределах внешней акватории некоторых портов создают зоны предрейсового навигационного обслуживания судов для производства девиационных и радиодевиационных работ на стоянке.

Зоны расхождения могут быть как на подходах, так и на внутренней и внешней акваториях в зависимости от взаимоположения и загруженности фарватеров.

Если портовые воды объединяют два порта и более или один порт имеет акваторию, разобщенную на несколько отдельных участков, все сказанное относительно размещения зон и фарватеров на внутренней акватории следует относить к бассейну, а на внешней акватории и подходах – к внебассейновой части портовых вод.

Фарватеры портовых вод по своей значимости делятся на главные и вспомогательные (боковые), а по требованиям навигационной безопасности — на две категории: первую и вторую. Те, которые расположены в пределах бассейна, называют внутренними, а за его пределами – внешними.

Главный фарватер от подходной зоны ведет к рабочим причалам порта через основной вход на внутреннюю акваторию или в бассейн. Его часть до приемной зоны обычно называют подходной фарватер, а далее до зоны маневрирования - входной фарватер. Такое подразделение производится в связи с тем, что при наличии в портовых водах нескольких бассейнов к ним могут вести обособленные фарватеры непосредственно от подходной зоны или в виде разветвления главного фарватера с приемной зоны.

Входной фарватер обычно рассчитывается на скорость 6 уз и на протяжении не менее четырех длин расчетного судна должен быть прямым,



без изгибов. На подходном фарватере во многих портах скорость установлена более высокая или вообще не ограничивается.

Размеры фарватеров и зон вод отечественных портов в определенной мере соответствуют средним характеристикам судна, условно принятого для данного порта или отдельных его районов. За границей применяют аналогичную методику с некоторыми особенностями, существенно не меняющими основ и условий. Такое судно называется «расчетным судном». Естественно, что возможны значительные отклонения фактических размеров судна от принятых. Однако знание принципов создания фарватеров и зон порта дает возможность капитану путем сопоставления их параметров с характеристиками судна оценить степень безопасности плавания в портовых водах, определить возможность самостоятельного движения и маневрирования или прибегнуть к помощи буксиров.

Вспомогательные (боковые) фарватеры связывают главный с отдельно расположенными причалами и зонами, являются путями движения в небольших гаванях, включенных в состав бассейна. Они также могут выполнять функции подходных и входных при наличии нескольких проходов на внутреннюю акваторию, часть которых имеет вспомогательное значение.

Особо следует выделить транзитные фарватеры, предназначенные для прохода судов через портовые воды транзитом. Обычно их, как и фарватеры, служащие для движения через акваторию сквозного бассейна, относят к главным.

К первой категории относят фарватеры, на которых возможно внезапное быстрое перекрытие прохода судном, остановившимся в результате посадки на мель, столкновения, взрыва и т. п. Причем обойти его другие суда не могут вследствие ограниченной ширины фарватера. Все остальные фарватеры относят ко второй категории.

Движение по фарватерам бывает одно- и двусторонним. При одностороннем движении суда следуют в одном общем направлении, при двустороннем — в двух противоположных направлениях. Кроме того,

движение в каждом направлении устанавливается в один или несколько рядов.

Фарватер рассматривается как совокупность полос движения установленной категории, общей для фарватера в целом, необходимой ширины, зависящей от размеров судна и установленной скорости. По нормам первой категории создаются все главные фарватеры внутренней акватории порта, стесненные навигационными опасностями и выполненные в виде каналов фарватера внешней акватории и подходов, ширина одной полосы движения которых меньше 1,5 длины расчетного судна, а также фарватеры, по которым плавают суда со взрывоопасным грузом или пересекающиеся с другими фарватерами, если ширина полосы движения на них меньше двух длин расчетного судна.

Все фарватеры первой категории, за исключением особо оговариваемых случаев, рассчитывают на скорость движения не менее 6—7 уз. Для фарватеров второй категории ее устанавливают в соответствии с эксплуатационно-экономическим обоснованием. Соответственно принятой скорости устанавливается минимальная глубина на фарватере, учитывающая необходимый запас под килем.

Движение по фарватерам портовых вод, как правило, правостороннее, против часовой стрелки, с установленной скоростью для подходов, внешней и внутренней акваторий.

В случае необходимости, вызванной естественно-эксплуатационными особенностями района, допускается организация левостороннего и по часовой стрелке движения при соблюдении следующих условий:

фарватер с левосторонним движением обслуживает только обособленный район (районы) портовых вод;

установленный порядок действует на всем протяжении фарватера;

изменение стороны движения на водной коммуникации производится только в зонах ожидания и операционных, т. е. в местах, откуда суда продолжают движение после стоянки на якоре или швартовах;

не допускается соединение фарватеров с правосторонним или левосторонним движением, пересечение таких фарватеров возможно.

Угол между осями двух соединяющихся фарватеров должен быть менее  $30^\circ$ , а пересекающихся — как можно ближе к прямому. Если указанные условия соблюдения невозможно или на соединяющихся фарватерах суда вынуждены менять курс более чем на  $45^\circ$  (это в равной мере касается случаев, когда невыполнимы требования к изгибам фарватера), в местах поворота создаются зоны расхождения.

Все суда, следующие в порт, направляются в подходную зону. Подходные зоны крупнейших портов занимают довольно большие площади. В центре подходной зоны выставляется навигационный освещаемый знак (буй, плавмаяк) с пассивным или активным радиолокационным отражателем. В некоторых случаях большие подходные зоны в соответствии с особенностями контуров побережья, формирующего портовые воды, имеют форму полукруга.

Зона расхождения предназначена для расширения мест пересечения главных фарватеров в целях улучшения расхождения судов, а также главного фарватера с несколькими боковыми, если суммарная интенсивность движения на них превышает половину средней пропускной способности.

Приемная зона располагается на внешней акватории порта, имеет вид симметричного прямоугольного уширения входного фарватера на 0,6 наибольшей длины расчетного судна для каждой полосы движения, протяженностью не менее двух длин расчетного судна. Она является местом приема лоцмана, что бывает связано с необходимостью сбавить скорость судна, отвернуть или остановиться.

Приемная зона со стороны подходного фарватера обозначается плавучим навигационным ограждением. При двустороннем или многорядном движении знаки выставляются на оси фарватера, а при одностороннем (однорядном) — по его сторонам. Границы приемной зоны, стесненной

навигационными опасностями, также отмечаются соответствующим ограждением в ее углах.

При схождении к приемной зоне двух фарватеров и более она оборудуется аналогично зоне расхождения.

Зона маневров (входной рейд) является частью внутренней акватории порта (бассейна), предназначается для маневрирования судов при следовании в заданный район порта или при выходе из него.

Размеры входного рейда должны позволять производить следующие маневры: торможение до полной остановки, разворот на обратный курс, временную постановку на якорь, связанную с чрезвычайными обстоятельствами.

Операционные зоны подразделяются на прикордонные и рейдовые. Первые являются операционными акваториями, предназначенными для постановки судов к причалам и выполнения маневров, связанных со швартовными операциями. Рейдовая операционная зона представляет собой рейд для производства перегрузочных работ.

Бассейны, в которых расположены причалы, подразделяются на узкие, в них разворот судна не предусматривается, и широкие, где возможность разворота должна быть обеспечена. Допустимая наименьшая ширина узкого бассейна определяется его относительной длиной, выраженной количеством размещаемых причалов и размерениями расчетных судов.

В длинных бассейнах (более трех причалов с одной стороны) с большой интенсивностью движения, а также в бассейнах, через которые проходят транзитные фарватеры, предусматривается возможность двустороннего движения. Их ширина принимается увеличенной по сравнению с узкими на необходимую величину, но не менее чем на две ширины расчетного судна.

Зону ожидания на стоянке располагают так, чтобы защитить судно от господствующих ветров, морского волнения и зыби. Используемый для этого участок портовых вод должен быть удален на достаточное расстояние от

подводных и надводных препятствий, представляющих навигационную опасность. Глубины здесь принимаются с учетом волновых и приливо-отливных колебаний водной поверхности. В зоне не должно быть сильных течений (свыше 1,5 м/с). Для каждого судна стоящего на якоре, выделяется акватория.

Площадь зоны ожидания должна быть не менее 9 кв. миль и по форме близка к прямоугольной.

Зонами предрейсового навигационного обслуживания являются девиационный и радиодевиационный полигоны, а также мерная линия.

Размеры девиационного полигона устанавливаются такими, чтобы в отведенной зоне могла быть вписана окружность с радиусом не менее 5 длин расчетного судна. Если он одновременно предназначается для производства радиодевиационных работ, то должен быть расположен от радиомаяка более чем в полтора милях. При этом необходимо обеспечить возможность определения направления на радиомаяк при помощи визуального пеленгатора.

Между ним и полигоном не допускаются размещения стоянок судов, громоздких металлических сооружений, так же как и наличия островов, крупных надводных скал и т. п.

Девиационный полигон, предназначенный для производства работ на стоянке, имеет форму окружности радиусом, равным длине расчетного судна, и оборудуется в центре находящимся на линии створов швартовным палом, выполненным из немагнитных материалов. Его не следует располагать ближе четверти мили от места стоянок судов и крупных металлических сооружений. Обычно такой полигон используется и для радиодевиационных работ. При наличии стационарного радиомаяка выдерживаются вышеизложенные требования для полигонов, где уничтожение и определение остаточной радиодевиации производится на ходу судна. Аналогичные условия необходимо соблюсти при работе с подвижным передатчиком, расположенным на катере. В этом случае

предусматривается возможность движения катера вокруг обслуживаемого судна по кругу радиусом более полутора миль.

Обособленный радиодевиационный полигон с подвижным передатчиком допускается создавать как место рейдовой стоянки (на якорь, бочке) одиночного судна.

## **1.2 Навигационные опасности**

Препятствие, представляющее реальную угрозу для плавания судна, называется морской навигационной опасностью. Возвышения дна и любые естественные и искусственные объекты в слое воды от поверхности до углубления расположенных ниже киля устройств (трубка лага, рули, винты и т. д.) для судна потенциально опасны. Кроме того, необходимо иметь некоторый запас «чистой» воды для предотвращения засорения забортных отверстий и фильтров илом, песком и т.д.

Навигационные опасности, затрудняющие плавание судов, подразделяются на следующие типы: постоянно существующие и временные.

К постоянно существующим опасностям относится резко возвышающийся рельеф морского дна, создающий препятствие для нормального судоходства. Препятствия могут быть преодолимыми, затрудняющими плавание и непреодолимыми. Непреодолимые препятствия называются навигационными опасностями.

Временные навигационные опасности создаются главным образом гидрометеорологическими факторами — туманом, ветром, волнением, течением и др. К ним можно также отнести различные плавающие объекты, сорванные с якорей мины, рыболовные сети, буи, бочки, притопленные деревья и т. п. Перечисленные препятствия вынуждают судно изменять курс.

К навигационным препятствиям относятся и плавающие льды. Эти препятствия могут быть временными (случайными) в средних широтах и постоянными в полярных районах.

Важное значение для судовождения имеет знание характера и рода грунта или наносов в районе плавания. Грунтом называют поверхностный слой дна водоема. Знание характера грунта имеет важное значение при выборе места якорной стоянки, а также помогает при определении места судна по глубинам.

На картах для обозначения рода грунта применяются следующие названия:

Валуны — большие обломки горных пород, не имеющие острых граней.

Камень — отдельные глыбы, обломки скал.

Щебень — небольшие обломки горных пород с острыми краями.

Галька — мелкие округлившиеся обломки горных пород (обточенные трением).

Гравий — измельченная галька.

Песок — грунт, содержащий 95% частиц крупнее 0,01 мм.

Ил — грунт, содержащий 50—70% частиц крупнее 0,01 мм.

Песчаный ил — грунт, содержащий 10—30% частиц размером меньше 0,01 мм.

Глина — вязкий грунт, состоящий из частиц менее 0,001 мм.

Глинистый ил — грунт, в котором более 50% частиц размером меньше 0,01 мм.

Твердый грунт — массивные горные породы, залегающие под водой.

Кроме того, мягкие грунты различаются по цвету — белый, бурый, желтый, зеленый, коричневый, красный, серый и др. Для обозначения видов рельефа морского дна и препятствий на морских картах и в пособиях для плавания употребляются специальные термины.

Естественные навигационные опасности образованы рельефом морского дна. Для их характеристики используются следующие основные термины.

Мелководье — обширное неглубокое пространство.

Камни — обломки твердых пород, расположенные в прибрежной полосе. Камни разделяются на следующие виды: подводные, надводные и осыхающие.

Мыс — оконечность части суши, выступающей в море.

Яма — незначительный участок акватории с резким увеличением глубины.

Мель — общий термин, относящийся к значительному по площади возвышению морского дна, сложенному из нетвердого грунта, глубины над которым малы по сравнению с окружающими.

Отмель — мель, простирающаяся от берега с постепенно увеличивающимися в сторону моря глубинами.

Подводная коса — узкая отмель, вытянутая от полуострова или мыса.

Банка — общий термин, относящийся ко всем изолированным и ограниченным по площади резким поднятиям дна.

Риф — надводное или осыхающее возвышение со скалистым грунтом, скоплением камней или коралловых образований.

Отличительная глубина — глубина, резко отличающаяся от окружающих глубин.

Бар — мель или ряд мелей, отгораживающих лагуну или устье реки от моря.

Осушка — часть берега или отмели, обнажающаяся в малую воду.

Опасными для мореплавания являются надводные, подводные, притопленные или разрушенные гидротехнические сооружения, затонувшие суда, потерянные якоря, бетонные строительные блоки и т.д.

Возвышающиеся над водой естественные образования рельефа и искусственные сооружения также представляют определенную опасность. Основные из них характеризуются следующими терминами.

Скала — отдельное выступающее из воды резкое возвышение дна из твердых пород.

Камень — небольшая скала или обломок твердых пород.



Атолл – низменный коралловый остров в виде кольца, коружающего мелководье

Мол – связанное с берегом внешнее оградительное сооружение.

Волнолом – не связанное с берегом внешнее оградительное сооружение порта.

Дамба – укрепленная насыпь (вал), предназначенная для предохранения берега от затопления, защиты каналов, рейдов от волнения и заносов.

Буна – короткая дамба, выдвинутая под углом к берегу.

Свая – несущая опора гидротехнического сооружения в виде стержня, погруженного в грунт.

Ряж – затопленный деревянный сруб, разделенный на клетки, загруженные камнем.

Для свалки извлеченного при дноуглубительных работах грунта и мусора в море отводятся специальные районы свалки грунта. Кроме того, имеются районы нечистого грунта с наличием кабелей, утеранных якорей, притопленных плавучестей, массивов и других предметов.

### **1.3 Навигационные аварии**

В портовых водах происходят все виды навигационных аварийных случаев, каждый из которых обладает своими особенностями. Столкновения возникают между судами в основном вследствие неправильного маневрирования при расхождении и обгоне, завышенной скорости, несвоевременного обнаружения чрезмерного сближения, просчетов при выборе безопасной дистанции.

Посадки на мель (к этому виду относятся касания, грунта и всевозможных подводных препятствий) также в большинстве случаев происходят на ходу из-за ошибок в определении места судна, промахов при оценке точности глазомерных данных, используемых приборов береговых

средств навигационного обеспечения. Бывают, но значительно реже, посадки на стоянке, когда неверно учитывается степень соответствия глубины и осадки во время погрузки, колебания уровня водной поверхности из-за отливов, сгонных явлений, волнения и т.п.

Столкновение судна – это чрезвычайное аварийное морское происшествие с судном, выражающееся в ударе или соприкосновении с другим судном (судами) или другими объектами (сооружениями).

Навал — в российском морском праве: соприкосновение судов либо корабля и неподвижного предмета, являющееся следствием ошибок в расчётах движения или сознательного действия капитана судна.

Навалы чаще всего совершаются в процессе швартовки, т. е. также связаны с движением судна, при этом причины обуславливаются ошибками превышения величины безопасной скорости, вида и метода представления маневра, опозданием принятия экстренной остановки.

В международном морском праве рассматривается как подвид столкновения. Отличается от столкновения тем, что повреждения в результате навала минимальны.

Все виды навигационных аварийных случаев разделяются по тяжести на кораблекрушения и аварийные происшествия. Незначительные столкновения судов относятся к неаварийным случаям. Они происходят в результате возникновения ситуации, последствия которой не оказались тяжелыми благодаря действенности принятых мер предотвращения столкновения, посадки или навала. Поэтому при оценке условий движения в портовых водах неаварийные случаи принимаются в расчет наряду с аварийными. Они также характеризуют навигационную безопасность, так как столкновение, посадка или навал произошли, а возможность более тяжких последствий объективно существовала.

В дальнейшем аварийные и неаварийные случаи совместно будут именоваться опасными случаями. Их распределение в портовых водах по видам и тяжести (рис. 1.1) указывает на особую опасность столкновений, при

которых процент аварий в 2,5 раза больше, чем при навалах, и в 3 раза превосходит аналогичный показатель при посадках. Доля аварийных происшествий в общем количестве столкновений в 2-3 раза больше, чем в общем количестве навалов. От общего числа посадок аварийные происшествия составляют 50%. Несмотря на преобладание в навигационных опасных случаях навалов (около 50%), основную часть тяжелых последствий вызывают столкновения и посадки. Если учесть, что аварии в результате навалов происходят в большинстве случаев при швартовке к причалам, гидротехническим сооружениям, другим стационарным или плавучим объектам, т.е. в условиях, когда судно считается на ходу, то можно заключить, что основная доля тяжелых повреждений приходится на навигационные аварийные случаи, непосредственно связанные с движением судна.

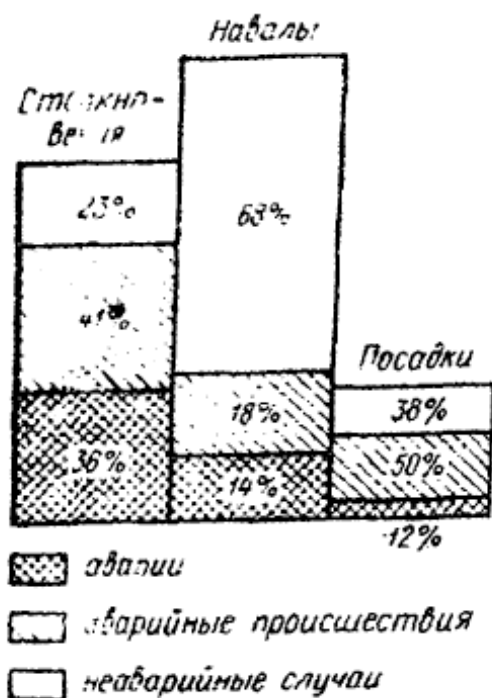


Рис. 1.1 Распределение навигационных случаев повреждения судов в портовых водах по видам тяжести (Слева направо: столкновения, навалы, посадки)

Значительная часть всех повреждений судов в портовых водах относится к неаварийным случаям. От общего числа навалов они составляют

68%, при посадках – 38% и при столкновениях – 23%. Несмотря на то, что каждый такой случай в отдельности не влечет за собой тяжелых последствий, общая их весомость при оценке навигационной ситуации в портовых водах достаточно велика.

Каждый опасный навигационный случай – столкновение, посадка, навал – есть результат ошибки, упущения или небрежности, при оценке навигационной ситуации, т.е. результат субъективного восприятия объективных факторов. Следовательно, они в определенной мере характеризуют значимость этих факторов, условия плавания, в которых судоводителю приходится принимать решение.

Известно, что количество опасных случаев отличается от количества участвующих в них судов. Отношение количества участвующих в опасном случае судов к количеству самих случаев (коэффициент привлечения) в водах отечественных портов в среднем имеет значения при посадках – 1,0; при навалах – 1,75; при столкновениях – 2,15; общий при столкновениях и навалах – 1,93.

Давая оценку условиям навигационной безопасности, следует учитывать возможность повреждений в результате каждых 100 столкновений 215 судов, а при навалах 175 судов.

Столкновения в портовых водах происходят в основном между соизмеримыми по величине судами. Большие суда сталкиваются в большинстве случаев с большими, средние со средними, малые с малыми. Приблизительно в 40 случаях из каждых 100 разница длин столкнувшихся судов не превышает 10 м. В то же время вероятность столкновения небольшого судна с большим судном, длина которого больше в 2 раза является 0,016. Иными словами, доля таких столкновений менее 2%.

Объясняется такая ситуация психологическим фактором. Капитан меньшего судна подсознательно принимает все меры, чтобы держаться подальше от опасности. Для него большее судно, несомненно, является более опасным, чем его меньшее для другого – большого.

Аналогичное положение создается и при навалах. Этот вид аварийности характеризуется соизмеримостью величин участвующих судов. Однако причины, порождающие такую закономерность, иные. В основном они определяются двумя факторами. Во-первых, чаще швартуются друг к другу соизмеримые по величине суда, а, следовательно, и доля таких вариантов в общем количестве навалов большая. Во-вторых, в подобных случаях существует большая вероятность нанесения повреждений, вызывающих потерю мореходности. Нельзя, конечно, исключить полностью и психологический фактор, выражающийся в потере осторожности при швартовке к судну равного размера. Но это в основном касается подхода малого судна к малому. Постановка же большого судна к малому производится довольно редко и, безусловно, вызывает повышенное внимание, опасение «раздавить» его.

Навигационная безопасность в портовых водах непосредственно связана с напряженностью движения судов. В общем случае аварийность монотонно возрастает с увеличением интенсивности движения до некоторого предела, соответствующего насыщенному потоку, дальнейшее увеличение интенсивности движения способствует резкому росту количества опасных случаев.

Перенасыщение потока недопустимо. Его максимальная плотность должна всегда соответствовать фактическим навигационным условиям, в противном случае неизбежно возникновение аварийной ситуации.

Важнейшим фактором, влияющим на безопасность плавания, является сложность условий движения, связанная с характеристиками водного участка, его размерами (шириной фарватера), наличием пересекающихся судопотоков, их интенсивностью, а также соответствием СНО фактической ситуации. В связи с этим места возникновения опасных случаев располагаются в портовых водах неравномерно. Наибольшая их концентрация — в стесненных районах с повышенной интенсивностью движения. На рис. 1.2 буквой А обозначен район порта с большой

напряженностью движения, которая, как известно, измеряется количеством судов, проходящих с некоторой скоростью по рассматриваемой акватории. Чем больше судов и меньше акватория, тем больше напряженность движения на ней. В районе А суда перемещаются как по главному фарватеру, так и в пересекающих его направлениях от одного берега к другому между причалами и местами якорных стоянок. Здесь и зарегистрирована наибольшая плотность распределения опасных случаев (столкновения, посадки). В районе, обозначенном буквой Б, напряженность движения уменьшается и соответственно понижается плотность распределения аварийности. В районе В она наименьшая, здесь и напряженность движения значительно меньше, чем в районах А и Б. Причем если столкновения в каждом районе распределяются сравнительно равномерно вдоль главного фарватера, то места посадок отличаются высокой степенью концентрации. В этом отношении особо опасны подводные препятствия, расположенные на фарватере или в непосредственной близости к нему.

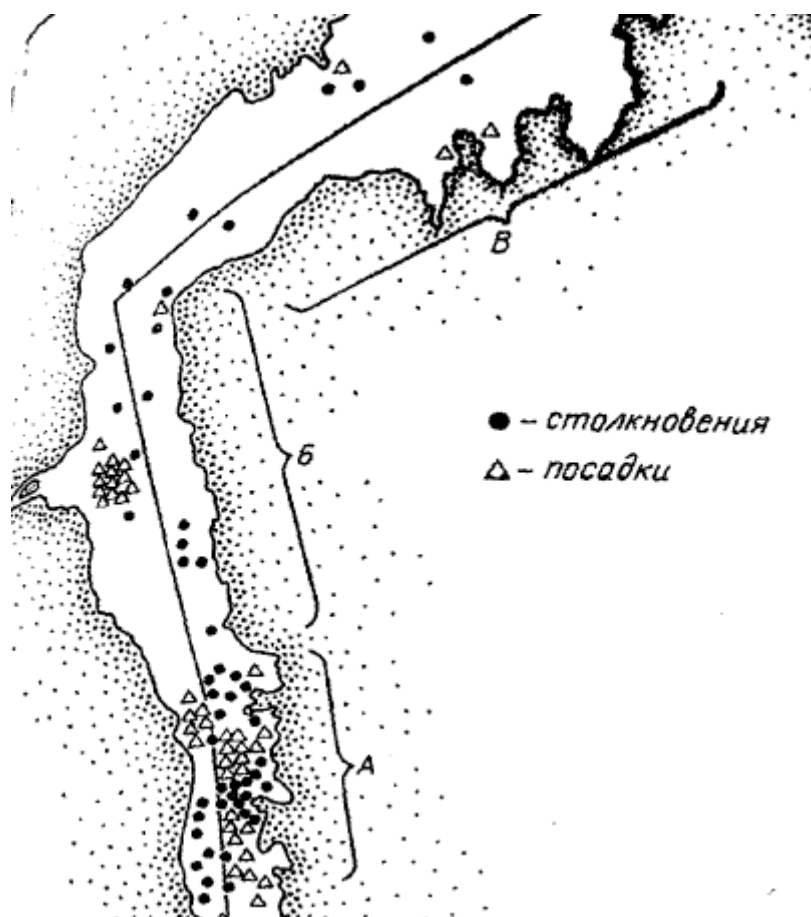


Рис. 1.2 Расположение мест возникновения опасных случаев в портовых водах

На внутренней акватории порта (рис. 1.3) с многоцелевой структурой места столкновений группируются на входе в бассейны, т.е. там, где наибольшая начальная скорость движения, а суда расходятся на встречных или пересекающихся курсах.

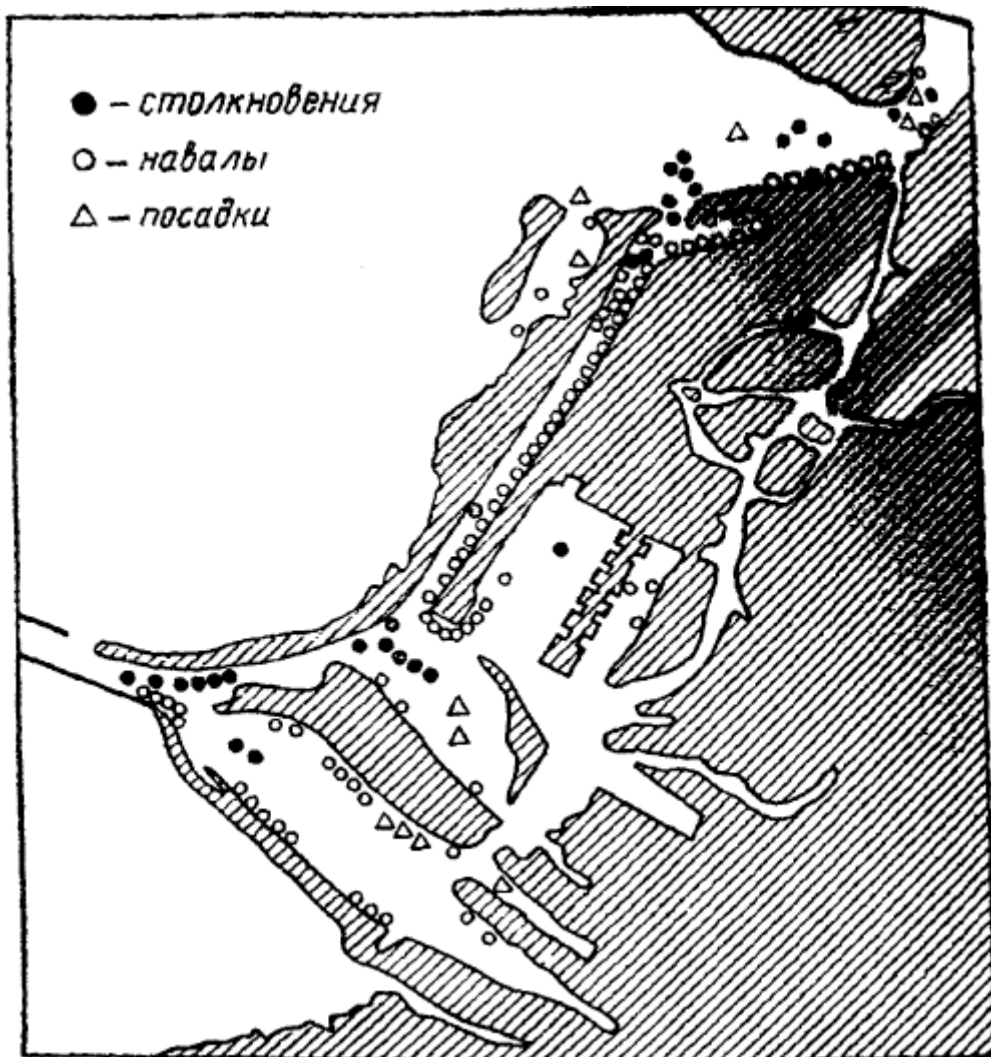


Рис. 1.3 Расположение мест возникновения опасных случаев на внутренней акватории порта

Весьма характерно распределение столкновений на фарватерах части портовых вод (рис. 1.4) Наибольшая их плотность в местах пересечения судопотоков. Попутно отметим, что 37% столкновений судов в портовых

вода происходит на встречных курсах, 43% - на пересекающихся и 20% - на попутных курсах. Следует уточнить, что в принятой методике курсы двух судов считаются встречными, если угол пересечения линий, проходящих через их диаметральные плоскости более  $150^\circ$  и попутными, если они менее  $30^\circ$ . Все остальные курсы отнесены к категории пересекающихся, которые, как показал анализ, и являются наиболее опасными.

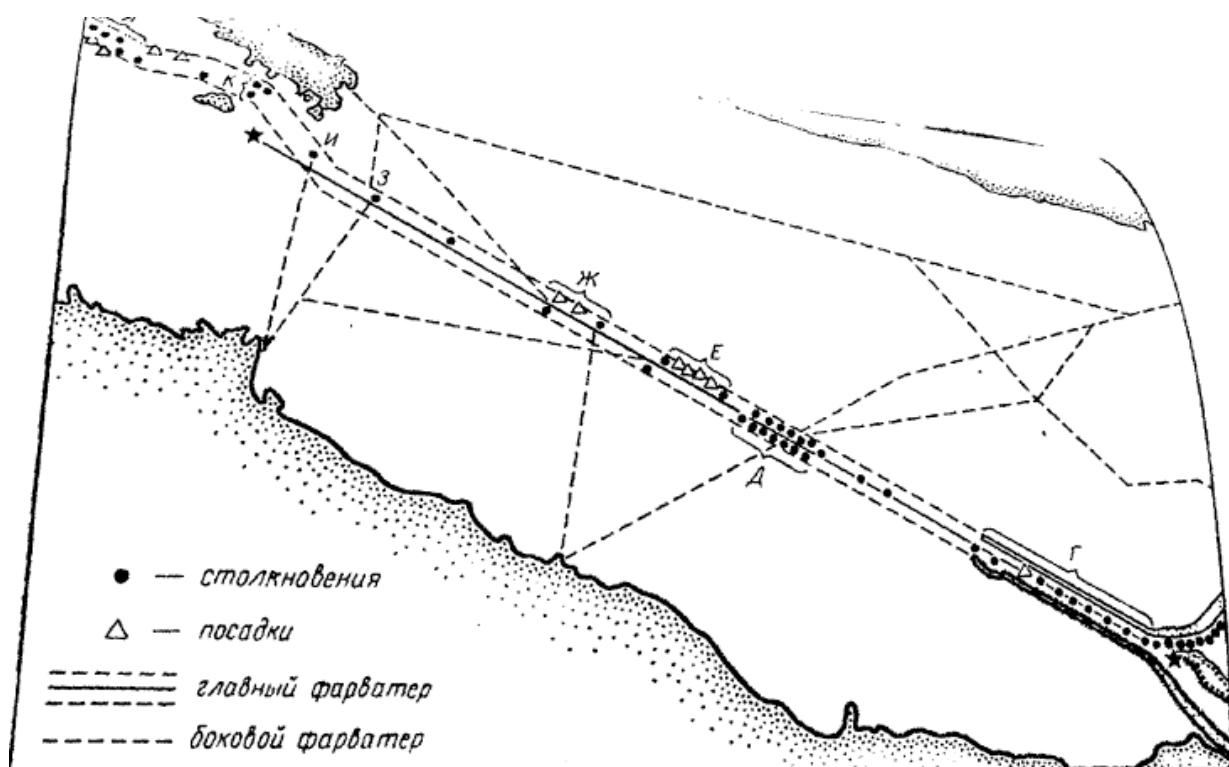


Рис. 1.4 Расположение мест возникновения опасных случаев в подходной части портовых вод

Причем где большая интенсивность движения, там и большая аварийность (район Д). В огражденной волнозащитными сооружениями части главного фарватера места столкновений распределяются относительно равномерно и значительно плотнее, чем на его открытой части. Объясняется это особенностями условий плавания. Напряженность движения здесь достигает критического уровня, так как ширина судоходного канала уже не соответствует требованиям навигационной безопасности при фактической интенсивности движения. На неогражденной части главного фарватера



значительная часть судов с небольшой осадкой может использовать забровочные глубины, особенно при встречном расхождении. Это снижает напряженность движения за счет фактического увеличения ширины фарватера. Следовательно, на этом участке основным объективным фактором вероятности столкновения является наличие пересечения фарватеров (районы Д, Е, Ж, З, И). Места, обозначенные буквами К и Л являются входами в бассейн, где столкновения группируются довольно плотно. Посадки в подходной части портовых вод происходят в основном в определенных, потенциально опасных для этого вида аварийности местах. Конкретно для района Е такое обстоятельство можно объяснить следующим образом. Располагается он приблизительно на равном удалении от обеих групп створных знаков, установленных у оконечностей фарватера и обслуживающих его. Таким образом, в районе Е точность передних и задних створов приблизительно равна, является наименьшей на всем отрезке полудлины фарватера и, очевидно, недостаточна.

Основной причиной навалов является просчет судоводителя в определении допустимой силы соударения с объектом, к которому судно швартуется. Обычно это выражается в завышении скорости движения в момент контакта, т. е. в неверной оценке маневренных качеств, прочности корпуса судна, прочности амортизирующих свойств причала и его оборудования, воздействия ветра, течения и волнения, возможностей буксиров, ошибках в руководстве их работой, так же, как ходом швартовной операции в целом. Независимо от конфигурации причального фронта (простая, сложная) навалы, как правило, располагаются по всей его длине. Возможность их возникновения определяется самим судоводителем до преднамеренного сближения судна с другим судном, во многих случаях вплоть до непосредственного контакта (швартовки). Таким образом, чем чаще осуществляются такие маневры, тем больше вероятность возникновения связанных с ними опасных случаев. Сближение судна с другими объектами осложняется наличием ветра, течения, волнения и т.п. В

конечном счете, интенсивность движения, от которой частота швартовки является производной, и гидрометеорологическая обстановка – при навалах такие же важные факторы, как и при других видах опасных случаев.

Существуют основные рекомендации по предупреждению происшествий связанных с навигационными авариями.

По предупреждению посадок на мель и касаний грунта:

- перед выходом в море изучи район плавания, проверь предварительную прокладку, корректуру карт и пособий для плавания, расчет опасных линий положения;
- в море помни, что текущее место корабля на карте не точка, а круг или эллипс, нередко значительных размеров;
- всегда знай погрешность текущего места корабля;
- учитывай все факторы при счислении пути, особенно дрейф и течение;
- относись критически к каждой обсервации, не принимай решение на изменение курса на основании только одной невязки, любую невязку подтверди повторными определениями места;
- если место ненадежно и неточно, прими меры предосторожности, сбавь ход, включи эхолот, усиль наблюдение, подготовь якоря к отдаче, при необходимости страви якорь;
- не пренебрегай докладами штурмана об опасности, даже если в них сомневаешься;
- систематически контролируй работу штурмана. Контроль даже опытного штурмана - не недоверие к нему, а служебная обязанность, метод поддержания высокой ответственности и залог безопасности;
- не следуй слепо курсу флагмана или впереди идущего корабля, он тоже может допускать ошибки: не стесняйся доложить флагману даже сомнения в правильности его курса;
- при постановке на якорь место выбирай с учетом точности постановки, при стоянке на якоре контролируй место в назначенные сроки.

По предупреждению столкновений и навалов:

- безусловно знай и строго выполняй требования МППСС, они - закон для моряков всего мира;

- самая надежная гарантия предотвращения и навалов - слаженная, четкая и умелая работа ГКП;

- надежное наблюдение - залог предупреждения столкновений; чем раньше обнаружена цель, тем легче с ней разойтись;

- каждый судоводитель должен уметь производить расчеты на расхождение со встречными целями; маневренный планшет - такой же командирский инструмент, как бинокль, пеленгатор и индикатор РЛС;

- с обнаружением цели наблюдением за изменением пеленга и дистанции и расчетом на планшете определи, есть ли опасность столкновения. Если нужно расходиться, установи, каким правилом МППСС необходимо руководствоваться. При расхождении действуй без промедления, четко и решительно, повороты выполняй заблаговременно на угол не менее  $30^\circ$ , непрерывно следи за целями, пока надежно не разойдешься;

- перед входом в узкость, пролив еще раз прочитай местные правила, не полагаясь на память, Не уверен - не обгоняй, особенно опасен обгон на изгибах;

- перед входом в бухту и перед швартовкой выполни маневр мысленно и на карте;

- в малоизученном районе не отказывайся от лоцмана и буксиров;

- подавая команды на руль и телеграф, помни, что существуют время задержки и инерция корабля;

- если при швартовке маневр не удался, лучше отойти и повторить его, чем пытаться «выкрутиться» из создавшегося положения;

- после каждой швартовки проанализируй свои действия, работу ГКП и швартовных команд.

По предупреждению происшествий в шторм:

- перед выходом в море уточни фактическую погоду и прогноз; если можно - пережди опасный шторм;
- даже если выходишь в штиль, готовь корабль к шторму;
- при приближении шторма еще раз проверь готовность корабля и своей каюты к плаванию в штормовых условиях;
- если в море не принят прогноз погоды, принимай все меры к его получению, вплоть до запроса у командного пункта, с которого ведется управление кораблем;
- уйти от сильного шторма - не боязнь моря, а похвальная командирская предусмотрительность;
- знай наиболее благоприятные курсовые углы и скорости относительно штормовой волны;
- продуманно применяй руль и скорость при поворотах в сильный шторм;
- становишься на якорь - помни о шторме;
- с получением угрожающего прогноза и с ухудшением погоды оцени безопасность стоянки, прими дополнительные меры предосторожности, продумай маневр съёмки с якоря (швартовов) и выхода в открытое море;
- если стоять на якоре или у стенки опасно, заблаговременно выйди штормовать в открытое море;
- твердо знай и строго выполняй действия по штормовым готовностям;
- накапливай данные по местным признакам погоды и не пренебрегай ими.

Таким образом, для предупреждения происшествий необходимо иметь высокую подготовку по кораблевождению и морской практике в сочетании с высоким чувством ответственности за судьбу корабля и боевую готовность флота, хорошо знать причины навигационной аварийности и меры по ее предупреждению.

## **Выводы**

В данной главе были рассмотрены портовые воды, их формирование и состав. Также были рассмотрены виды навигационных опасностей, с которыми может столкнуться судно, виды навигационных аварий.

## **Глава 2 Средства обеспечения безопасности в акватории морского порта**

### **2.1 Средства навигационного оборудования**

Навигационное оборудование морского (океанского) театра – система искусственных сооружений и устройств на театре для обеспечения безопасности кораблевождения в любых условиях.

Средствами навигационного оборудования морей (СНО) называются специальные сооружения, конструкции или устройства, предназначенные для ориентирования или определения каналов, фарватеров и навигационных опасностей. По своему расположению они могут быть береговыми (наземными), плавучими или подводными. По физическим принципам, положенным в основу конструкции и определяющим их назначение, СНО подразделяются на следующие типы: зрительные, звуковые, радиотехнические, гидроакустические и электромагнитные.

#### **Зрительные СНО**

Зрительные СНО предназначены для определения координат корабля (судна) в море или ориентирования корабля путем зрительного восприятия их форм и окраски или излучаемых световых сигналов. К ним относятся морские маяки, светящие навигационные знаки, морские навигационные огни и морские плавучие предостерегательные знаки.

Морской маяк – специальное капитальное сооружение, имеющее светотехнический аппарат с дальностью видимости белого или приведенных к нему цветных огней не менее 10 миль. При морском маяке, как правило, оборудуется комплекс СНО и других сооружений (радиотехнические, звуковые СНО, гидрометеорологическая станция, сигнальная мачта и т.д.).

Плавучий маяк - специальное судно, имеющее характерные силуэт и окраску, установленное на якорях в штатном месте. Как правило, оснащен теми же средствами, что и береговой маяк.

Светящий морской навигационный знак представляет собой капитальное сооружение, имеющее светотехнический аппарат с дальностью видимости белого или приведенных к нему цветных огней менее 10 миль. Сооружение, подобное светящему знаку, без светотехнического аппарата - несветящий знак.

Морской навигационный огонь - световой прибор, устанавливаемый на естественных объектах или сооружениях неспециальной постройки.

Морские плавучие предостерегательные знаки представляют собой СНО в виде буйев или вех, устанавливаемых на якорях для ограждения морских навигационных опасностей, обозначения положения морских каналов и фарватеров, подводных кабелей, рыболовных снастей и мест якорных стоянок.

В некоторых случаях на скалистом берегу или на отдельных сооружениях окрашиваются отличительные пятна хорошо приметного с моря цвета. Такие пятна в сочетании со СНО используются для обеспечения безопасности плавания между островами, в гаванях и т. п.

Для обеспечения безопасности плавания на подходах к портам, в узкостях и в гаванях оборудуются створы маяков, светящих или несветящих знаков. Истинное направление створов показывается на навигационных морских картах.

Сведения о зрительных СНО (местоположение, краткое описание сооружения и характеристика огня, дальность видимости, наличие звукосигнальных и радиотехнических средств, высота от основания и от уровня моря) приводятся в морском навигационном руководстве «Огни и знаки», главным управлением навигации и океанографии МО РФ. Часть такого рода сведений помещается на навигационных морских картах.

### **Звуковые СНО**

Звуковые СНО - устройства, излучающие звуковые сигналы в воздухе, предназначенные для предупреждения мореплавателей о навигационных опасностях в условиях плохой видимости. Они дополняют зрительные СНО,

но не являются средством определения местоположения, а только предупреждают о приближении к опасности. Наиболее распространенными являются наутофон, сирена и ревун.

В наутофоне источником звука является стальная мембрана, которая получает импульсы от электромагнита. Установка позволяет получить различные звуковые характеристики. Дальность слышимости составляет около 5 миль.

Устройство передачи звука сирены состоит из двух цилиндров с прорезями в стенках, один из которых (ротор) вращается внутри второго. Сжатый воздух подается в ротор. Когда прорези цилиндров совпадают, сжатый воздух, прорываясь, образует звук воющего характера. Дальность слышимости сирены составляет более 5 миль.

Ревун в основном используется на буюх. Он работает по принципу рупора, вибратор которого приводится в действие колебаниями волн.

В некоторых портах на оконечностях молв, в узкостях и на рейдах, где не требуется большой дальности слышимости, используется колокол. В качестве запасного средства используется на плавучих маяках.

### **Радиотехнические средства навигационного оборудования (РТСНО)**

Радиотехнические средства навигационного оборудования (РТСНО) - специальные наземные или плавучие станции, работающие в радиочастотном диапазоне и предназначенные для решения навигационных задач совместно с корабельными техническими средствами навигации. К ним относятся радионавигационные системы, радиомаяки, радиолокационные маяки-ответчики, береговые радиолокационные системы навигационного ориентирования и пассивные радиолокационные отражатели.

Наземные станции радионавигационных систем (РНС) излучают радиосигналы синхронизировано, что позволяет производить измерение как фаз и времени прихода импульсов, так и их разностей. Величина этих параметров зависит от местоположения корабельного приемника



относительно станций. Наземные станции могут быть капитальными сооружениями или разворачиваться маневренно на подвижных средствах. Они сводятся в цепочку, которая, как правило, состоит из одной ведущей и двух ведомых станций. Ведомые станции ретранслируют электромагнитные колебания ведущей. Сигналы всех станций принимаются на корабле специальным приемоиндикатором, обеспечивающим индикацию и измерение параметров принятого сигнала. Для определения места корабля по РНС используются специальные карты или таблицы. Дальность действия РНС может быть в диапазоне от десятков до тысяч миль в зависимости от частоты излучаемых сигналов и мощности источников излучения.

Радиомаяк кругового излучения - радиопередающее устройство, создающее электромагнитное поле одинаковой напряженности во всех направлениях. Этот радиомаяк передает присвоенные ему сигналы по расписанию на определенной частоте. Несколько радиомаяков сводятся в группу (до шести), работающую на одной частоте в определенной последовательности. В группе из шести радиомаяков каждый работает одну минуту в цикле, продолжительность которого шесть минут. Радиосигнал состоит из позывного и непрерывного сигналов.

Для приема сигналов радиомаяков кругового излучения и определения направления на них используются специальные радиоприемные устройства - радиопеленгаторы. Дальность действия радиомаяков кругового излучения 75-150 миль.

Секторный радиомаяк - радиопередающее устройство, создающее электромагнитное поле с вращающейся характеристикой направленности в виде секторов и равносигнальных зон. Такая характеристика направленности позволяет определять направление на радиомаяк без использования радиопеленгатора, с помощью обычного радиоприемника средневолнового диапазона или специального индикатора сигналов. Определение направления на радиомаяк сводится к подсчету количества точек или тире до момента, когда они сливаются в постоянный звук. Определение места по количеству

точек или тире производится с помощью специальных карт или таблиц. Дальность действия секторных радиомаяков 500-1000 миль. На расстояниях до 25 миль они могут быть использованы только как радиомаяки кругового излучения.

Створный радиомаяк имеет характеристику направленности, равносигнальная зона которой располагается на местности в определенном направлении. Использование такого радиомаяка сводится к удержанию корабля в пределах зоны слышимости двух сливающихся в тире сигналов. При отклонении корабля от оси зоны прослушивается один из двух сигналов (например, . – или – .). Прием сигналов осуществляется на обычный радиоприемник. Дальность действия – около 35 миль, т. е. обеспечивает плавание на подходах к портам и гаваням.

Радиолокационный маяк-ответчик (РМО) является приемопередатчиком сантиметрового диапазона длин волн. В ответ на сигнал, полученный от корабельной навигационной РЛС, он излучает кодированный сигнал, который отображается на экране корабельной РЛС, что позволяет более надежно опознать объект, на котором расположен РМО. Для того чтобы сигналы РМО не сливались с изображением берега, делается задержка ответного сигнала. Вид кода и величина задержки даются в описании маяка. Для определения расстояния до РМО измеряется расстояние до ближней метки кодовой комбинации. Из полученного расстояния вычитается величина кодовой задержки. Дальность действия соответствует дальности действия РЛС.

Береговая радиолокационная система навигационного ориентирования - комплекс, состоящий из навигационной РЛС, центра сбора и обработки информации и командно-диспетчерского пункта. Обеспечивает определение координат корабля, направления и скорости его перемещения, расположения относительно других кораблей, судов и навигационных опасностей. Система позволяет осуществлять навигационное ориентирование корабля («выдачу»

его места) и проводку в назначенное место стоянки. Такие системы развертываются, как правило, на подходах к портам и базам.

Пассивный радиолокационный отражатель (РЛП) - конструкция из металлических пластин (листов) с хорошей отражающей способностью. РЛП устанавливаются, как правило, на береговых и плавучих СНО, что повышает дальность их радиолокационного обнаружения на 10-20%.

Сведения о радиотехнических СНО приводятся в пособии «Радиотехнические средства навигационного оборудования», издаваемом ГУНиО МО РФ.

### **Гидроакустические СНО**

Гидроакустические СНО - устройства, излучающие подводные звуковые сигналы, используемые для определения координат корабля с помощью корабельных технических средств навигации. К ним относятся гидроакустические маяки-ответчики (ГМО), подводные звуковые маяки (ПЗМ), подводные электромеханические излучатели и гидроакустические пассивные отражатели.

Гидроакустический маяк-ответчик представляет собой электронно-акустическое устройство, которое работает на излучение по запросу и позволяет определять направление и расстояние до него. Принцип использования ГМО аналогичен принципу использования РМО.

Подводный звуковой маяк представляет собой устройство, излучающее звуковые колебания взрывного характера в строго установленное время (по расписанию). Для повышения надежности и точности приема сигналы подаются сериями из двух-трех сигналов со строго определенными промежутками времени между сигналами в серии. Это обеспечивает опознание маяка. ПЗМ устанавливается на глубине подводного звукового канала, что обеспечивает прием сигналов от них на расстояниях в несколько тысяч миль.

Подводный электромеханический излучатель излучает непрерывные звуковые колебания, что позволяет определить с помощью корабельной

гидроакустической станции (ГАС) направление на него. ГАС работает в режиме шумопеленгования.

Гидроакустический пассивный отражатель построен по принципу радиолокационного. Для определения места корабля используется ГАС в режиме эхопеленгования что позволяет определить направление на отражатель и расстояние до него.

### **Электромагнитные СНО**

Электромагнитные СНО - устройства, создающие в воде в приводном слое атмосферы электромагнитное поле, используемое для определения координат корабля с помощью корабельных технических средств навигации.

В качестве электромагнитного СНО используется электромагнитный кабель, вокруг которого создается электромагнитное поле, Кабель может быть ведущим и обозначать ось фарватера (канала) или служить в качестве секущего на кабельной мерной линии.

Штатные средства навигационного оборудования морей, координаты места и режим их работы указаны в официальных навигационных пособиях и нанесены на морских навигационных картах. СНО, установленные временно для обеспечения гидрографических работ или решения специальных задач, являются нештатными. Координаты места и режим работы таких СНО указываются в Извещениях мореплавателям.

Если работа СНО находится под постоянным контролем обслуживающего персонала, то такие СНО называются обслуживаемыми. Необслуживаемые СНО действуют автоматически, обслуживаются периодически.

Береговые, плавучие и подводные СНО в сочетании с космической навигационной системой при правильном их использовании надежно обеспечивают безопасность кораблевождения во всех районах Мирового океана и эффективное применение оружия в любых условиях.

Так же стоит отметить систему навигационного оборудования плавучими предостерегательными знаками.

В качестве плавучих предостерегательных знаков служат светящие и несветящие буи и вехи, которым в зависимости от их назначения присваиваются определенные форма, окраска, характер и цвет огня. Буи и вехи могут иметь топовые фигуры определенной формы и цвета.

В системе МАМС предостерегательные знаки сведены в пять групп:

- латеральные;
- кардинальные знаки;
- знаки, ограждающие отдельные опасности незначительных размеров;
- знаки, обозначающие начальные точки, ось фарватера (канала) и середину прохода (осевые);
- знаки специального назначения.

Латеральные знаки выставляются по принципу ограждения правой и левой сторон фарватера.левой или правой стороной фарватера называется та сторона, которая находится соответственно слева или справа от корабля, идущего по фарватеру с моря. Иногда на картах там, где направление с моря определить затруднительно, печатается указатель (Рис.2.1). Стороны ограждаются буями или вехами. На корпусах буюв могут быть нанесены цифры или буквы. Нумерация буюв (обозначение буквами) ведется со стороны моря. В водах РФ четные номера – на левой стороне, нечетные – на правой.

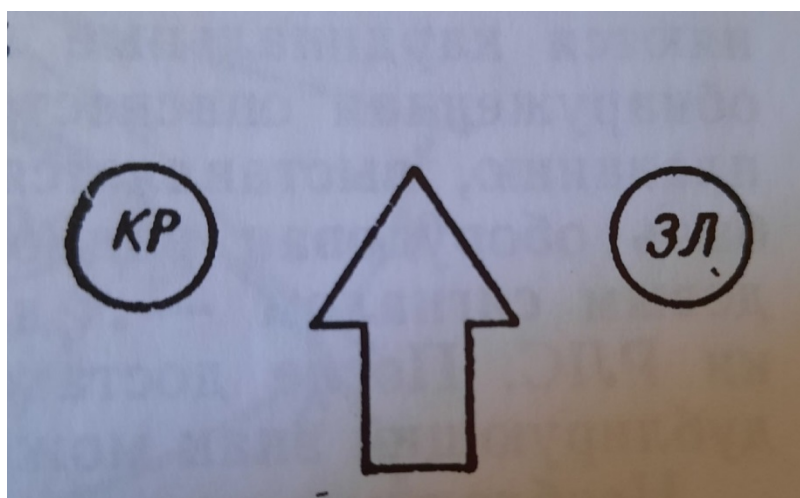


Рис. 2.1 Указатель направления движения судов по фарватеру

Кардинальные знаки показывают, с какой стороны надо обходить ограждаемую опасность относительно сторон света. Выставляются в одном, нескольких или во всех секторах от опасности (относительно сторон света). Например, северный буй выставляется к северу от опасности и указывает: «Проходи к северу от меня».

Знаки, ограждающие отдельные опасности незначительных размеров, выставляются непосредственно над опасностью. При этом естественные и искусственные опасности ограждаются одинаково (например, затонувшее судно и отличительная глубина). Эти знаки можно обходить с любой стороны.

Знаки, обозначающие начальные точки, ось фарватера (канала) и середину прохода, указывают, что вокруг них судоходный район.

Знаки специального назначения служат для обозначения или ограждения специальных районов или объектов:

- полигонов боевой подготовки или районов учений;
- подводных кабелей и трубопроводов;
- районов сбора океанографических сведений;
- районов свалки грунта и боезапаса и т. д.

Гидрографические службы стран могут по своему усмотрению устанавливать дополнительные специальные знаки, которые не должны противоречить навигационным знакам. Об установке таких знаков объявляется соответствующими навигационными документами. Например, в российских водах кроме столбовидных буйев используются сигарообразные, а цилиндрические, конические и сферические буи, как правило, не используются.

При ограждении впервые обнаруженных опасностей, не показанных на картах, не описанных в навигационных руководствах и не объявленных в Извещениях мореплавателям, применяются кардинальные или латеральные знаки. Если впервые обнаруженная опасность представляет серьезную угрозу

мореплаванию, выставляется дублирующий знак, который может быть оборудован радиолокационным маяком-ответчиком с кодовым сигналом -.. длиной одна миля в масштабе развертки РЛС. После достаточно полной информации об опасности дублирующий знак может быть снят.

Необходимо помнить, что плавучие СНО предупреждают мореплавателя о наличии опасности, запрещают движение в ее сторону и указывают безопасный путь.

Поскольку плавучие предостерегательные знаки могут быть сорваны со своих штатных мест, использовать их для определения места корабля нельзя. Сведения, как правило, в «Огни и знаки» не включаются, т.к. необходимые данные приводятся на картах.

Изучать систему следует по Описанию, изданному ГУНиО МО РФ. При этом целесообразно обращать внимание на закономерности в форме и окраске знаков и топовых фигур на них, в характере и цвете огней.

Так, окраска знаков и цвет огней латеральных знаков соответствуют бортовым отличительным огням кораблей и судов: правый - зеленого цвета, а левый - красного.

Окраска кардинальных знаков сделана по принципу противоположности. Например, северный знак окрашен сверху черным цветом, снизу - желтым, а южный - сверху желтым цветом, снизу - черным. Топовые фигуры (два черных конуса) на северном знаке расположены вершинами вверх а на южном - вниз.

Цвет огней знаков кардинальных, ограждающих отдельные опасности незначительных размеров, обозначающих начальные точки, ось фарватера (канала) и середину прохода, одинаковый (белый), но резко отличается по характеру. Например, восточный буй имеет характер групповой частый, три проблеска в группе, период 10 с, а западный буй - групповой частый, девять проблесков в группе, период 15 с.

Если судоводитель проигнорирует навигационные знаки, то может столкнуться с другим судном или столкнуться с навигационной опасностью, что может привести к навигационной аварии.

## **2.2 Управление судоходством**

Современные тенденции развития морского судоходства порождают новые проблемы обеспечения навигационной безопасности, связанные с движением в составе судопотоков, интенсивность и плотность с которых постоянно возрастают. К традиционным трудностям плавания на стесненной акватории в непосредственной близости к подводным и надводным препятствиям, расхождения с одиночными судами, прибавилась и начинает преобладать необходимость согласованных действий одновременно нескольких судов, следующих в одном направлении, расхождение их с другими аналогичными группами. В таких условиях капитан, уклоняясь от опасности, вынужден учитывать, что суда, двигающиеся за ним и рядом с ним, существенно ограничивают его возможности маневрирования. Иными словами, акватория, стесненная вследствие своих размеров, становится еще более стесненной из-за увеличивающейся плотности движения на ней. Положение осложняется и тем, что сигналы судна, предпринявшего маневр, имеют информационный характер, подаются, непосредственно перед началом изменения режима движения или после осуществления реверса двигателя. Когда на акватории перемещается и маневрирует сразу несколько судов, что характерно для районов взаимодействия судопотоков, трудно, а порой невозможно установить, кто подал звуковой сигнал. При этом информация о маневре принимается только тогда, когда он становится явным.

Согласно действующим МППСС судопоток, в том числе насыщенный, в составе которого суда не имеют возможности свободно изменять направление и скорость движения, должен пропустить судно, пересекающее



его справа. Остановка с этой целью одного из мателотов влечет необходимость немедленного прекращения движения всего судопотока. Так как для этого требуется определенное время (упоминавшееся выше время задержки), неизбежно последует повышение плотности судопотока, т. е. еще более осложнится навигационная ситуация. Если же судопоток уже был на уровне насыщенного, то возникает аварийная ситуация. Постоянный рост размеров судов, площадь ЗНБ которых прямо пропорциональна квадрату их длины, ускоренно усложняет условия плавания на стесненных акваториях. В водах многих портов одновременное движение двух, трех крупнотоннажных судов чревато опасными последствиями: они не имеют возможности ни разойтись, ни уклониться от опасности, ни держаться на безопасном расстоянии друг от друга.

Таким образом, к новым проблемам обеспечения навигационной безопасности следует отнести необходимость создания соответствующих условий плавания на стесненной акватории в составе судопотока (когда суда вынуждены взаимодействовать друг с другом), взаимодействия нескольких судопотоков, поддержания плотности и интенсивности движения на уровне, не превышающем допустимого. При этом сохраняются в традиционные проблемы, связанные с плаванием в узкости одиночных судов, значение которых не только не ослабляется, но и постоянно обостряется по мере осложнения навигационной ситуации.

В условиях постоянного роста напряженности судоходства при одновременном увеличении размеров судов признается неправомерным и невозможным относить заботу о безаварийности движения к компетенции только судоводителей, считая, что каждый капитан должен и может осуществлять, как и прежде, самостоятельное плавание, избирая на стесненных акваториях по своему усмотрению курс и скорость.

С целью совершенствования мер обеспечения навигационной безопасности в ряде районов мира с особо напряженным движением флота и в первую очередь в крупнейших морских портах и на подходах к ним

успешно осуществляется управление судоходством. В настоящее время этот путь получил широкое признание как наиболее эффективный и достаточно экономичный в деле снижения аварийности, улучшения эксплуатации морского транспорта в целом, в том числе работы портов. Перспективность управления судоходством позволила обосновать и создать комплексные системы, включающие новейшие электронные средства наблюдения, связи и обработки информации.

Управление судоходством включает в себя организацию движения, его регулирование и контроль положения судов на акватории, соблюдение ими установленных правил и постановлений.

Организация движения — важнейшее мероприятие перспективного характера, создающее базу упорядочения маршрутов судов. При этом подразумевается установление фарватеров, зон, в том числе для ожидания на стоянке и, самое главное, правил использования их. Иными словами, для обслуживаемой акватории устанавливаются маршруты следования судов между определенными пунктами, порядок плавания на них, мест стоянок. Обычно организация движения отражается на генеральной схеме движения и в обязательном постановлении по порту или в специальных местных правилах. Эти документы определяют, где, как и когда, в какой очередности могут те или иные суда входить в портовые воды и покидать их, пути следования к причалам, якорным стоянкам, девиационному полигону и т. п. Указываются скорость, интервал, рядность (однорядное и многорядное) и направленность (одно- двустороннее) движения, допустимые отклонения от осей фарватеров и центров мест отдачи якорей, необходимые сигналы, каналы и порядок связи, объем и сроки обязательной информации с судов.

Целью организации движения является сведение до минимума количества путей перемещения судов по акватории, направление их по стандартным маршрутам, т. е. создание четко выраженных судопотоков, разделение последних, уменьшение числа пересечений их, ликвидация по

возможности встречного движения в узкостях, обособление мест ожидания, как на стоянке, так и ходу.

Генеральная задача этого мероприятия – порядок в управляемом районе, исключение необходимости совершать судам маневры повышенной опасности в непосредственной близости друг к другу.

Регулирование движения заключается в выдаче соответствующей информации судам, которая может носить директивный или оповестительный характер. К первому виду относится запрещение входа или выхода, указание пути следования и места стоянки, требование немедленно вернуться на свою сторону фарватера или уменьшить ход и другие подобные распоряжения, подлежащие немедленному обязательному исполнению. Информация оповестительного характера рассчитана на саморегулирование. Например, сигнал, являющийся штормовым предупреждением, вызывает прекращение движения по незащищенной части портовых вод недостаточно мореходных судов. Оповещение о понижении уровня воды может вынудить капитана повременить с проходом судна по недостаточно глубоководному для него фарватеру. Такой вид информации не обязывает все суда, конкретную группу их или какое-то определенное судно исполнять ее немедленно. Ею воспользуются те судоводители, для которых она необходима.

Оперативное воздействие на навигационную ситуацию само собой подразумевает постоянный контроль над ее развитием. Он включает в себя наблюдение за управляемым районом, проверку положения и состояние средств навигационного обеспечения судов, как на ходу, так и на стоянке, соблюдение ими установленных правил плавания, обязательных постановлений по порту, выдерживание указанных маршрутов и режима движения, определение состояния погоды, гидрометеорологического режима и других подобных обстоятельств, характеризующих навигационную ситуацию. Обобщенно контроль выражается в сборе информации для целей регулирования и поэтому должен быть оперативным, действенным,

базироваться на возможно более точных данных. Эти требования в равной мере относятся к управлению судоходством в целом, что предопределяет использование и для организации, и для регулирования, и для контроля соответствующих технических средств.

Элементы управления судоходством в портовых водах используют уже многие годы. Особенно распространены организация движения на входных фарватерах, маневрирование в воротах порта и на внутренней акватории, контроль над соблюдением судами правил плавания указан в обязательных постановлениях. Обычно всеми этими вопросами занимаются соответствующие службы каждого порта. В портовых водах, совместно используемых с военно-морскими силами, последние часть обязанностей по управлению судоходством принимают на себя.

Объем этих мероприятий рассчитан на то, что большую часть времени суда совершают самостоятельное, практически одиночное плавание, а необходимость взаимодействия возникает только эпизодически или в чрезвычайных обстоятельствах. Наметившийся в последние годы резкий рост интенсивности, а, следовательно, и напряженности движения вызвал необходимость управления судоходством, комплексного осуществления его в полном объеме, создающем возможность решения сложных задач безопасности и ритмичности функционирования судопотоков на стесненных акваториях. Вследствие ограниченности возможностей человека-оператора потребовалась автоматизация процесса сбора, обработки и выдачи информации. Это в свою очередь привело к развитию технических средств управления, созданию принципиально новых устройств и аппаратуры, базирующихся на последних достижениях радиоэлектроники, оптики, акустики. Наряду с ними продолжается широкое использование и традиционных средств организации движения. Однако значимость их в общем балансе постоянно снижается. Современная техника управления начинает все более и более преобладать при обслуживании районов с повышенной напряженностью судоходства.

К традиционным средствам организации движения относятся маяки, створные знаки, буи, вехи, т.е. СНО, которые принято применять в узкостях и портовых водах. С их помощью обозначают установленные пути движения, места стоянок, ограждают запретные для плавания районы, подводные препятствия, навигационные опасности. Они как бы закрепляют генеральную схему движения и дают возможность судоводителю ориентироваться на акватории в основном посредством глазомерной обсервации. Следует отметить, что использование судовых электрорадионавигационных приборов, как правило, не приемлемо для определения своего места на ходу в узкости, т. к. из-за непосредственной близости направления на ориентиры и расстояния до них быстро изменяются, теряют свое значение, пока данные измерения наносятся на карту (план). Однако на подходах и в пределах больших внешних акваторий обсервации при помощи пеленгатора и радиолокационной станции позволяют осуществлять плавание по маршрутам, установленным организацией движения. Исключение составляют фарватеры, ограниченные по ширине. Они могут быть не оборудованы СНО, позволяющими производить глазомерную обсервацию (створные знаки, буи, вехи), включающую использование оптических приборов, только в том случае, когда удвоенная учитываемая ошибка в определении места судна при помощи судовых электрорадионавигационных приборов не превышает разности между проходной шириной фарватера и необходимой судну шириной полосы движения.

Из традиционных СНО наиболее приемлемы для целей организации движения створные знаки. Ими, как правило, обозначают главные фарватеры акваторий потов, а также фарватеры подходов, стесненные навигационными опасностями. При этом достигается достаточная точность глазомерной обсервации и ее оперативность, что также очень важно при плавании в узкости.

Непротяженные вспомогательные фарватеры, короткие колена внешних фарватеров, если длина судна их не превышает трех корпусов

расчетного судна, можно не оборудовать створными знаками. В этом случае глубина по сторонам вспомогательного фарватера в расстоянии, равном длине расчетного судна, должна быть не меньше, чем на его оси, а колена обозначаются буйами или вехами.

Известные недостатки створных знаков, связанные со снижением точности указываемого направления по мере увеличения расстояния, а также с невозможностью использования их при пониженной видимости, исправляют путем применения современной осветительной техники, лазерных устройств, специальной аппаратуры наблюдения, но по-прежнему они остаются достаточно существенными.

Удобно ориентироваться при плавании в пределах портовых вод по буйам, вехам и другим аналогичным средствам ограждения. Они располагаются вдоль фарватеров или на его кромках, в центре зон подходов, расхождения у подводных препятствий. Однако при значительной длине припуска буйрепа (до 2,5 м) под воздействием ветра, волны или течения плавучие средства ограждения могут смещаться с места начальной установки на расстояние соизмеримое с существующей здесь глубиной. Кроме того, их эффективность зависит также от видимости. Если для наблюдения за судами используется РЛС, даже когда имеются активные или пассивные отражатели, точность определения судна будет меньшей, чем по пеленгу и расстояния до стационарного ориентира.

К средствам организации движения можно отнести подводный кабель, обозначающий ось фарватера. Получаемая посредством его информация имеет достаточную точность и весьма оперативная. Но для этого требуется специальная аппаратура, область применения которой очень ограничена. Появившиеся в последнее время возможности создания портативных переносных индикаторов сигналов идущего кабеля дают основания ожидать более распространенного использования его для обозначения установленных путей движения.

Наряду с традиционными началось внедрение принципиально новых технических средств организации движения свободных от большинства недостатков, присущих створным знакам, буям, вехам. Они не зависят от состояния погоды и видимости, непрерывно поставляют оперативную и точную информацию в удобном виде для практических целей, достаточно просты в обслуживании. Речь идет о различных видах радионавигационных систем (РНС) среднего и ближнего радиусов действия. С их помощью определяют место судна, точность которого характеризуется величиной средней квадратической ошибки в пределах нескольких метров, известно, что фазовое поле, образуемое РНС, графически представляется в виде сетки дорожек. Одну из образующих их гипербол путем соответствующего расположения береговых станций РНС можно сориентировать вдоль фарватера, создавая, таким образом, эквивалент ведущего и серии секущих створов. В то же время фазовая сетка обеспечивает высокоточную маркировку всех компонентов портовых вод, одновременно обслуживая мерную линию и значительный участок открытого моря. При этом используется стандартная широко распространенная судовая аппаратура.

Перспективна, как средство организации движения, подводная осветительная техника, при помощи которой можно обозначать положение фарватеров и зон. Ведутся поиски методов использования лазера, изотопов, акустических устройств.

К традиционным техническим средствам регулирования движения относятся дневные и ночные сигнальные устройства, различные виды морских семафоров, флаги, огни, знаки, средства голосовой и радиосвязи. Все эти средства передачи судам директивной и оповестительной информации постоянно модернизируются и не теряют своей актуальности в условиях возросшей интенсивности движения. Особо оперативна и практична ультракоротковолновая радиотелефония. Введение международных стандартов на эту аппаратуру и каналы связи сделали ее универсальным и доминирующим средством регулирования в любую погоду

и при любой видимости на значительных для портовых вод расстояниях. Однако ограниченность пропускной способности линии «пост — мостик» при значительно возросшем и непрерывно продолжающемся увеличении как числа абонентов, так и объема информации вызывает необходимость введения новых средств передачи на судно сведений оперативного характера. Генеральным направлением современного развития методов регулирования можно считать оставление за каналами УКВ радиотелефонной связи только навигационной информации чрезвычайного характера, имеющей целью пресечь развивающуюся (если такая возникает) аварийную ситуацию. Все остальные сообщения на судно и с него в пределах портовых вод переводят на автоматизированные линии передач графо- и буквенно-цифровой документации с помощью фототелеграфной аппаратуры. Получая систематически, через промежутки времени, изображение навигационной ситуации в портовых водах, капитан по условному индексу определяет свое судно в общем потоке, положение его на фарватере, наличие встречных и пересекающих курс судов; прочие необходимые для саморегулирования данные. Параллельно уточняющая информация поступает в виде текста, предназначенного как ему, так и только «тому, кого касается». Последний вариант информации может относиться к конкретному судну, потоку, зоне, бассейну.

Непрерывная передача на судно текущей навигационной ситуации и текстовых комментариев к ней может осуществляться также телевизионными методами непосредственно с береговых индикаторов технических средств наблюдения за портовыми водами. Это, очевидно, в условиях возрастающей интенсивности движения наиболее перспективный метод дистанционной лоцманской проводки при пониженной видимости. Широкое внедрение такой формы регулирования пока сдерживается из-за технического несовершенства предлагаемой промышленностью аппаратуры, отсутствия принимающих телеинформацию устройств на большинстве судов.



До начала 50-х годов технические средства контроля движения были представлены в основном только оптическими приборами наблюдения и измерения дистанции. В условиях значительного осложнения навигационной ситуации в портовых водах объем, и форма получаемой с их помощью информации уже не могли полностью удовлетворить возрастающих требований к управлению судоходством, сдерживали его автоматизацию. Качественным скачком явилось создание береговых радиолокационных станций с высокой разрешающей способностью, как по азимуту, так и по расстоянию. При их помощи независимо от видимости представилась возможность получить с достаточно высокой точностью местоположение каждого судна в отдельности и общую картину портовых вод. Путем несложной обработки радиолокационных данных решаются задачи определения скорости и направления движения, расхождения, обгона на безопасной дистанции. Хорошие результаты при нормальной видимости дает применение телевизионных устройств, воспроизводящих четкое изображение, например среднего морского буя, удаленного от объектива на 5 миль. Для контроля движения в навигационных узкостях используют специальные искусственные спутники земли. Информацию новых технических средств контроля легко вводят в автоматические обрабатывающие устройства, что делает их наиболее перспективными для применения в комплексе современных систем управления судоходством.

Комплексное осуществление мероприятий по организации, регулированию и контролю движения судов на базе соответствующих технических средств привело к созданию систем управления судоходством (СУС), призванных обеспечить навигационную безопасность, повысить технико-эксплуатационную эффективность работы флота и портов. Одновременно при этом решается ряд других задач, в том числе связанных с охраной окружающей среды, как, например, предотвращение загрязнения моря, защита его флоры и фауны и т. д.

Все существующие СУС делятся по принципам регулирования на информационные и распорядительные. К первому виду относятся СУС, в обязанности, которых входит наблюдение за навигационной ситуацией и выдача данных о ней по запросу судов и заинтересованных береговых организаций. При этом судоводители могут решать: принимать — и в какой мере или не принимать к сведению полученную информацию, соотносить свои действия с рекомендациями СУС. Например, полученное судном сообщение о том, что оно находится на стороне фарватера, предназначенного для встречного движения, совсем не влечет за собой обязанности перехода на другую сторону фарватера. Иными словами, информационные СУС осуществляют регулирование путем выдачи в абсолютном большинстве случаев информации оповестительного характера. Объясняется это опасениями создать предпосылки для материальных претензии со стороны судовладельцев, если они понесут убытки в результате возникшей аварии, задержки с доставкой груза и т. д. Принцип прост: капитан выбирает курс, режим движения и несет ответственность за все возможные последствия. Однако и при этом практически невозможно полностью избежать выдачи распоряжений обязательных для исполнения судоводителем. Некоторые вопросы организации движения в зоне деятельности информационных СУС носят директивный характер. Например, объявляются районы, где плавание или якорная стоянка запрещены, устанавливаются пути следования для определенных категорий судов, регистрируется время прохода узкости и т. д.

Статус распорядительных СУС предусматривает активное их воздействие на навигационную ситуацию. При этом капитану могут давать указания о выдерживании установленного пути следования, изменении направления и режима движения, команду встать на якорь или лечь в дрейф и т. д. Если судно получило сообщение от распорядительной СУС о том, что находится не на своей стороне фарватера, оно должно немедленно принять меры для выхода на свою сторону. Ответственность за управление судном,

выбор маневра, методы его проведения лежат полностью на капитане. Он обязан обеспечить навигационную безопасность при исполнении распоряжения СУС. СУС несет ответственность за всю выдаваемую информацию, в том числе и за директивную. Например, если было дано разрешение судно войти в ограниченный по ширине канал с переменным направлением движения, когда навстречу шло другое судно и в результате этого они столкнулись, судовладельцы имеют полное основание предъявить претензии СУС. Конечно, если капитан видит, что ему дается заведомо ошибочное указание, он должен воздержаться от его исполнения, но немедленно доложить об этом оператору СУС, за которым остается последнее слово. С одной стороны, как и во всякой сложной системе да еще при наличии человеческого звена, вполне возможны сбои СУС. С другой стороны, оператор СУС имеет более обширную информацию о навигационной ситуации, чем капитан судна, причем базирующуюся на данных точных приборов, обработанных при помощи специальных устройств. Кроме того, современные СУС осуществляют прогноз навигационной ситуации на некоторое (краткосрочное) время вперед. Поэтому решение оператора, как правило, полнее соответствует фактической обстановке, хотя может показаться капитану, который базируется в своих выводах на том, что видит непосредственно только вокруг судна, неверным.

Практический, хотя пока еще немногочисленный, опыт дает основание считать, что, несмотря на кажущиеся сложности взаимоотношений судна и распорядительной СУС, последняя дает больше возможностей для создания объективных условий навигационной безопасности, чем информационная СУС.

Функции СУС не могут ограничиваться только наблюдением и выдачей обзорной информации по запросу. В свою очередь активное воздействие на навигационную ситуацию при непрерывно возрастающей интенсивности движения требует автоматизации сбора, обработки и выдачи информации. Даже увеличение числа операторов не может обеспечить при

сохранении «ручного труда» ни требуемого объема, ни должной точности, не говоря уже об экономической эффективности.

Современная перспективная СУС — автоматизированная, непрерывно действующая при любом состоянии погоды и видимости.

Она должна обеспечивать:

- организацию безопасного и ритмичного движения судов в обслуживаемом районе;
- регулирование прохода судами лимитирующих в навигационном отношении зон;
- контроль за положением судов, выдерживание ими границ установленных фарватеров, зон и отведенных мест якорных стоянок;
- дистанционную лоцманскую проводку судов при пониженной видимости;
- постоянную проверку надежности стоянки судов на якорях и у рейдовых причальных устройств при воздействии сил стихии;
- контроль над соблюдением судами правил плавания в районе обслуживания;
- передачу на суда и прием с них оперативной навигационной, эксплуатационной и гидрометеорологической информации.

В состав СУС входят один или несколько постов управления движением (ПУД), располагаемых таким образом, чтобы имелась возможность для визуального и радиолокационного обзоров всего района обслуживания. Один из них является центральным (ЦУД), а остальные — вспомогательными (выносными), обеспечивающими наблюдение за отдельными участками акватории. Посты обычно устанавливаются так, чтобы их было хорошо видно с судов, находящихся как на внутренней, так и на внешней акватории, из подходной и приемной зон, с фарватеров и от причалов, особенно рейдовых. Таким образом, создаются условия для надежной визуальной и УКВ радиотелефонной связей.

На ЦУД сосредоточены технические средства дистанционного управления ПУДа, если они необслуживаемые, приема с них данных о навигационной ситуации, устройства для обработки, анализа и обобщения собранной информации, выработки рекомендаций, документирования и т. д. Отсюда осуществляется централизованное управление судоходством в обслуживаемом районе. Сам ЦУД одновременно выполняет и функции ПУДа по отдельному участку обслуживаемого района (в зависимости от места расположения). Возможен вариант, когда непосредственно с него наблюдение за акваторией не ведется.

ПУД может быть необслуживаемым, оборудованным техническими средствами регулирования и контроля, дистанционно управляемыми с ЦУДа и передающим на него всю собираемую им информацию. Практикуется также создание обслуживаемых ПУДов. В этом случае собираемая им информация полностью или частично обрабатывается на месте. Он самостоятельно осуществляет управление судоходством на своем участке акватории в соответствии с общими установками ЦУДа, но обязательно согласует с последним возможность перехода судов на участки других постов.

Необслуживаемые посты более перспективны, т. к. позволяют значительно снизить количество людей занятых управлением судоходством и, следовательно, повысить экономическую эффективность всей системы, хотя при этом необходимо использовать сложные устройства дистанционного управления аппаратурой и передачи информации на значительное расстояние.

Посты подразделяются по набору устанавливаемого на них оборудования. Примером простейшего необслуживаемого поста является светофор, с помощью которого осуществляется регулирование прохода судов по фарватеру (каналу) с переменным направлением движения. Комплексно оборудованный необслуживаемый пост имеет БРЛС, телевизионную установку с аппаратурой ночного видения, гидрометеорологические

приборы, средства ретрансляции УКВ радиотелефонной связи, производства сигналов, преобразования и передачи по радиорелейной линии или другим каналам на ЦУД собранной информации.

На обслуживаемых постах дополнительно устанавливают оптические средства наблюдения (визеры, дальномеры и т. д.), семафоры, сигнальные мачты, аппаратуру радиотелефонной, проводной и громкоговорящей связей.

Центральный пост относится к категории обслуживаемых и оборудуется наиболее комплексно. Целесообразно размещать в нем не только регулирующие и контролирующие устройства, но и аппаратуру управления техническими средствами организации движения (СНО РНС и т.д.).

Комплексная автоматизированная СУС состоит из следующих основных подсистем: сбора информации, передачи информации, обработки информации, документирования, индикации, дистанционного управления, связи, сигнализации, организации движения.

В зависимости от вида используемой аппаратуры подсистемы сбора информации могут быть радиолокационными, телеметрическими, телевизионными, оптическими и т. д. Аналогично различаются подсистемы передачи информации (радиорелейная, проводная, радиотелефонная, радиотелеграфная и т. д.).

Подсистема обработки информации состоит из комплекса автоматических быстродействующих счетно-решающих устройств. Документирование в СУС осуществляется путем записи информации как первичной, так и обработанной, а также переговоров с судами при помощи звуковых и видеомэгнитофонов, кинокамер, буквопечатающей и факсимильной аппаратуры, накоплением ее в блоке памяти ЭВМ. Информация о текущей навигационной ситуации и оперативной информации производится на индицирующих устройствах различной конструкции и величины как обычных радиолокационных, так и дающих синтезированное изображение телевизионного типа, вплоть до крупномасштабных настенных

экранов. Подсистема дистанционного управления позволяет манипулировать с ЦУД аппаратурой, установленной на ПУДах, а также техническими средствами организации движения по каналам радиорелейной или проводной связей. В последнее время начато экспериментальное использование для целей устройств с применением лазерной техники. Подсистема связи включает в себя все виды радио- и проводной аппаратуры, а подсистема сигнализации – телефонные, светотехнические и звуковые средства оповещения.

### **2.3 Технические требования к модулям, системы поддержки принятия решений в составе комплекса СУДС**

#### **Технические требования к модулю измерений**

Модуль измерений должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

- обеспечивать получение по протоколу NMEA данных от следующих источников: системы АИС, БРЛС;
- обеспечивать получение данных от каждого из источников не реже 1 раза в секунду;
- обеспечивать обработку данных одновременно не менее 500 целей;
- обеспечивать детектирование выбросов и провалов в данных;
- обеспечивать компенсацию провалов в данных не менее чем за 10 периодов опроса (10 секунд);
- обеспечивать синхронизацию и согласование данных о целях от АИС и БРЛС.

#### **Технические требования к модулю прогноза**

Модуль прогноза должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

- обеспечивать интерфейс с картографической системой;

- обеспечивать учет следующих навигационных ограничений: навигационные опасности, опасная изобата, запрещенные для плавания районы, СРД, рекомендованные маршруты;

- обеспечивать получение информации о текущей гидрометеорологической обстановке в акватории от системы гидрометеорологической информации;

- обеспечивать учет следующей гидрометеорологической информации в акватории (возможно в различных районах акватории): условия видимости, направление и сила ветра, направление и скорость течения, направление и сила волнения;

- обеспечивать интерфейс с диспетчером БЗ для получения параметров моделей судов-целей;

- обеспечивать прогноз траекторий движения не менее чем 500 целей;

- обеспечивать получение траектории движения цели не позже чем 1 минута после его появления в акватории, контролируемой СУДС;

- обеспечивать моделирование движения целей с точностью не хуже 200 м на период до 30 минут.

#### **Технические требования к модулю оценок**

Модуль оценок должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

- обеспечивать интерфейс с диспетчером БЗ;

- обеспечивать учет требований МППСС, статусов судов-целей, требований хорошей морской практики;

- обеспечивать оценку опасности траектории движения судов-целей по отношению к навигационным опасностям и ограничениям в районе плавания;

- обеспечивать оценку взаимной опасности столкновения судов-целей между собой;

- обеспечивать оценку взаимных обязанностей судов-целей с учетом требований МППСС и их статусов;

- обеспечивать одновременную обработку не менее 500 судов-целей;



- обеспечивать выявление групп судов-целей, находящихся в ситуации опасного сближения друг с другом;
- обеспечивать одновременную обработку не менее 20 групп судов, находящихся в ситуации опасного сближения;
- обеспечивать получение оценок навигационной обстановки в акватории с дискретностью не более 30 секунд.

### **Технические требования к модулю генерации решений**

Модуль генерации решений должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

- обеспечивать интерфейс с диспетчером БЗ;
- обеспечивать учет требований МППСС, статусов судов-целей, требований хорошей морской практики;
- обеспечивать интерфейс с картографической системой;
- обеспечивать учет следующих навигационных ограничений в акватории: навигационные опасности, опасная изобата, запрещенные для плавания районы, СРД, рекомендованные маршруты;
- обеспечивать учет условий видимости при генерации решений по маневрированию;
- обеспечивать интерфейс с модулем оценок для получения оценок безопасности сгенерированного решения;
- обеспечивать одновременную генерацию решений для более 20 групп судов, находящихся в ситуации опасного сближения;
- обеспечивать выработку множества возможных решений по маневрированию для каждой из групп судов, находящихся в ситуации опасного сближения, за время не более 15 секунд после обнаружения ситуации опасного сближения в данной группе.

### **Технические требования к модулю выбора решений**

Модуль выбора решений должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

- обеспечивать интерфейс с диспетчером БЗ;

- обеспечивать назначение весов для различных решений с учетом требований МППСС и требований хорошей морской практики;
- обеспечивать ранжирование решений в соответствии с назначенными весами;
- обеспечивать учет критериев оптимальности для выбора оптимального и субоптимальных решений;
- обеспечивать одновременную обработку решений для более 20 групп судов, находящихся в ситуации опасного сближения;
- обеспечивать получение оптимального и субоптимальных решений по маневрированию для каждой группы судов, находящихся в ситуации опасного сближения, за время не более 15 секунд после завершения генерации множества возможных решений в данной группе.

#### **Технические требования к модулю интерфейса**

Модуль интерфейса должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

- обеспечивать интерфейс с картографической системой;
- обеспечивать вывод информации для пользователя в графической форме;
- обеспечивать вывод оптимальных и субоптимальных решений в графической и описательной форме;
- обеспечивать вывод информации по всем судам-целям, обрабатываемым системой (не менее 500 целей);
- обеспечивать выделение группы судов, находящихся в состоянии опасного сближения (не менее 20 групп);
- обеспечивать вывод информации об оценке навигационной ситуации и взаимных обязанностей судов в виде графа ситуаций для всех судов в акватории или только для группы судов, находящихся в состоянии опасного сближения (по выбору пользователя);
- обеспечивать вывод правил МППСС, регламентирующих действия по расхождению в каждой ситуации опасного сближения;

- обеспечивать вывод обоснования принятого решения по команде пользователя;

- обеспечивать ускоренное проигрывание выбранного маневра по команде пользователя (для каждой из группы судов, находящихся в состоянии опасного сближения);

- обеспечивать удобные возможности по настройке критериев опасного сближения, весов и других параметров системы;

- обеспечивать удобные возможности по управлению составом отображаемой информации на экране монитора;

- обеспечивать журналирование исходных данных и принимаемых системой решений за период не менее 24 часов;

- обеспечивать проигрывание ситуации из архивированных данных.

#### **Технические требования к диспетчеру доски объявлений**

Диспетчер доски объявлений должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

- поддерживать интерфейсы со всеми модулями системы;

- обеспечивать синхронизацию доступа к данным доски объявлений со стороны всех модулей системы.

#### **Технические требования к диспетчеру БЗ**

Диспетчер базы знаний должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

- поддерживать интерфейсы с модулями системы;

- содержать знания по правилам МППСС;

- содержать знания по возможным маневрам для расхождения;

- содержать знания по хорошей морской практике;

- содержать базу данных по моделям судов различных типов и размерений (не менее 200 моделей).

## **Выводы**

В данной главе были рассмотрены средства навигационного оборудования, система управления судоходством и технические требования к системе управления движением судов.

## **Глава 3 Движение судна и влияние гидрометеорологических условий**

### **3.1 Алгоритм определения параметров движения судна относительно навигационных опасностей**

Для обеспечения безопасности судоходства может быть использовано два принципиально разных подхода. Первый основан на использовании лоцманского метода, в данном случае определение местоположение судна и параметров его движения в основном осуществляется судоводителем/оператором визуально. Указанный подход получил достаточно широкое распространение на внутреннем водном транспорте и мало пригоден для использования в СДУ ДПМС так как оператор располагается за пределами объекта управления. Второй подход базируется на применении инструментального метода. Здесь судоводитель/оператор принимает решения на основе использования технических средств навигации и радионавигационных приборов. Дальнейшим развитием инструментального метода является инструментально-расчетный. Указанный метод в большей степени подходит для реализации в СДУ ДПМС.

Инструментально-расчетный метод судовождения с помощью АИС и ЭКНИС базируется на предварительном расчете параметров пути судна и последующем инструментальном контроле их параметров.

Таким образом, перед началом рейса обязательно производится предварительная проработка маршрута. После изучения специальной лоции района плавания с использованием навигационной карты, где поднимают надежные ориентиры (мысы, ходовой берег, гидротехнические сооружения и т. п.), выбирают систему ориентирования. Выявляют опасные места (мели, волноломы, боновые заграждения, затонувшие суда, и т.п.), указанные опасности указаны на навигационной карте, что свидетельствует об их инструментальной привязке относительно надежных ориентиров. Это позволяет наметить схему движения судна относительно ориентиров,

учитывая при этом чувствительность выбранной системы ориентирования. Также в ходе проработки маршрута предусматриваются резервные способы и средства контроля траектории и параметров движения судна.

Исходя из условий плавания, назначают скорость движения на каждом из участков маршрута. Для мелководных участков дополнительно в обязательном порядке должна учитываться величина приращения осадки (проседание) в зависимости от скорости движения.

Отмечаются границы участков с регулируемым движением, уточняется порядок прохода этих участков и каналы связи с диспетчером, а также намечаются участки для осуществления маневрирования при заданных метеорологических условиях, проверяется, достаточно ли для этого безопасной акватории. Определяются места вынужденных якорных стоянок на случай выхода из строя технических средств или резкого неблагоприятного изменения погоды. Для каждого участка определяются векторы течения –  $V_T$ .

Так на рисунке 3.1 представлено разбиение сложного с точки зрения маневрирования речного участка. Кроме того, на рисунке 3.1 обозначен остров как основная навигационная опасность, которая требует особого внимания судоводителя, так как располагается в зоне поворота. На данном участке ширина полосы, занимаемой судном при движении, будет более существенной, нежели при прямолинейном движении. Здесь также необходимо отметить, что параметры движения судна будут изменяться, так как для обеспечения безопасного поворота угловая скорость поворота судна должна составлять 8,6 град/мин.

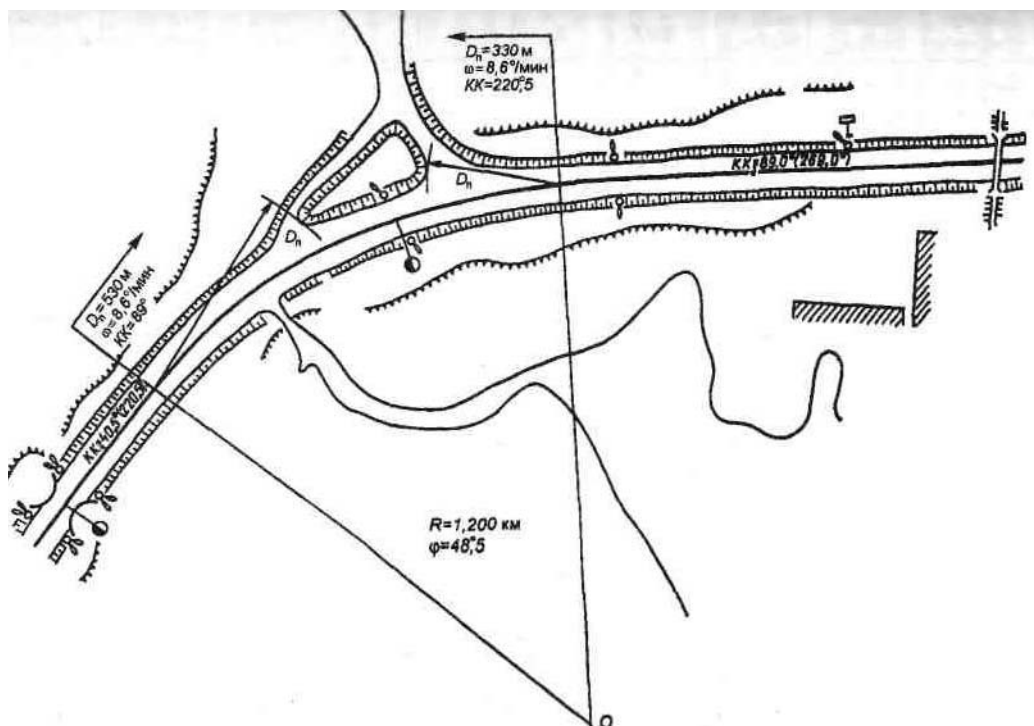


Рисунок 3.1 - Карта судоходного участка, подготовленная расчетным методом

По навигационной карте определяют:

- для прямолинейных участков — прямой и обратный курс и протяженность плавания по курсу (S);
- для поворотных точек — навигационные параметры, (дистанции, пеленги, курсовые углы) с учетом дистанции упреждения ( $l_y$ );
- для криволинейных участков — радиус кривизны судового хода ( $R_k$ ) и примерную протяженность (S).

Рассчитывают для прямолинейных участков время, необходимое для прохождения участка (мин.):

$$t_{\Pi} = 60 \frac{S}{V}, \quad (3.1)$$

Рассчитывают для криволинейных участков угол поворота ( $\varphi$ ), угловую скорость поворота ( $\omega$ ) и время прохождения участка ( $t_{кр}$ ):

$$\varphi = K_2 - K_1, \quad (3.2)$$

$$\omega = 0,95 \frac{V}{R_k}, \quad (3.3)$$

$$t_{кр} = \frac{\varphi^0}{\omega_0}. \quad (3.4)$$

Полученный маршрут в виде маршрутных точек вводится в память ЭКНИС. Так как перемещение буксира по акватории порта строго регламентировано, то достаточно просто можно создать безопасные маршруты движения буксира от причала к точке приема буксируемых судов и маршруты движения от грузовых терминалов к месту швартовки буксира.

Визуальный контроль с помощью видеокамер позволяет исключить промахи и ошибки в расчетах, выявить направление и скорость преобладающего течения, и величину ветрового сноса.

На основании накопленного опыта уточняются значения угловой скорости поворота  $\omega$ . Использование ЭКНИС параллельно с визуальным наблюдением позволяет изучить особенности изображения и ориентиры в районе плавания, что обеспечивает их безошибочное опознание на экране ЭКНИС в условиях ограниченной видимости. Эффективность решения такой задачи может быть повышено путем наложения радиолокационной картинки на ЭНК.

На прямолинейных участках оператор удерживает курс судна основываясь на данные ЭКНИС, определяет режим работы энергетической установки и контролирует движение судна относительно выбранной системы ориентирования. Использование информации об угловой скорости на прямолинейных участках позволяет заметно увеличить точность удержания судна на курсе. Уменьшение рыскания позволяет уменьшить ширину ходовой полосы, занимаемой судном. Оператор, на основе данных ЭКНИС по отклонению траектории движения от заданной линии пути, должен откорректировать курс таким образом, чтобы вернуть судно на



спланированную линию пути и обеспечить выход судна в поворотную точку с максимальной точностью.

На криволинейных участках при выходе в точку поворота оператор задает новый компасный курс и угловую скорость поворота  $\omega$ , выбранную из штурманской схемы, составленной ранее.

В зависимости от скорости движения судна при прохождении поворота может образоваться боковое смещение судна в сторону поворота, причем угловая скорость поворота может уменьшаться до  $0.3\omega$  и, наоборот, может увеличиться на величину  $0.3\omega$ , если судно уклонилось в сторону, противоположную повороту. По выходу судна на запланированную траекторию, расчетную скорость поворота  $\omega$  поддерживают постоянной.

При подходе к новому курсу выполняется маневр одерживания так, чтобы в момент выхода на новый курс угловая скорость была погашена. По окончании поворота определяют величину бокового смещения  $b$  и корректируют курс на следующую поворотную точку. Если величина  $b$  превышает четверть ширины судового хода или откорректированный курс судна отличается от запланированного более чем на  $3-5^\circ$ , осуществляют маневр отворота в сторону оси судового хода с последующим выходом на запланированный курс.

Кроме того, для обеспечения безопасности движения в акватории морского порта при реализации СДУ ДПМС необходимо учитывать расположение естественных навигационных опасностей (мель, отмель, рифы, скалы и т.д.), искусственных навигационных опасностей (мол, пирс, волнолом, боновые ограждения, затонувшие суда и т.д.). В таком случае необходимо в системе маршрутных координат постоянно оценивать дистанцию и время кратчайшего сближения до указанных препятствий (Рисунки 3.2–3.3).

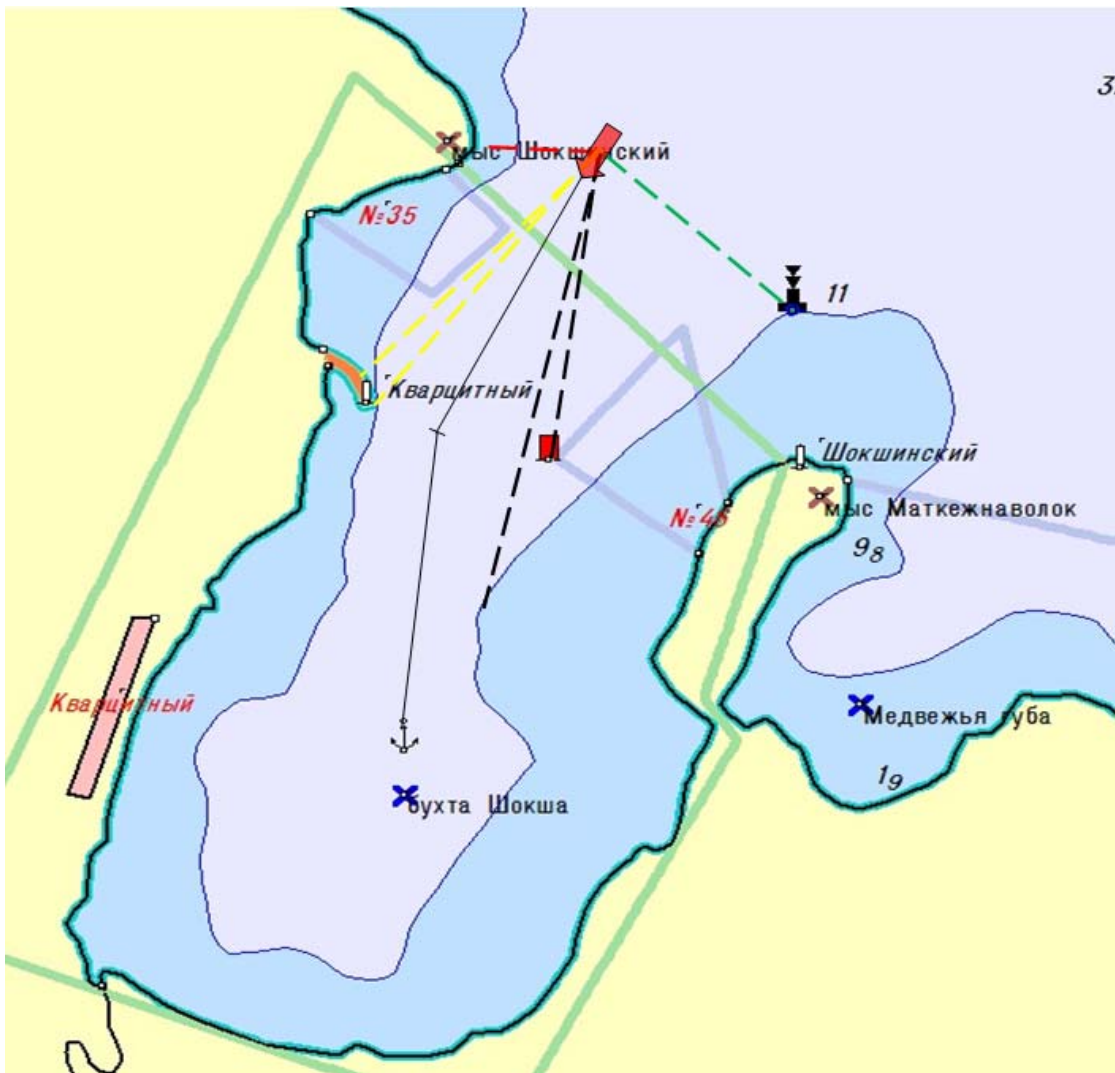


Рисунок 3.2 - Потенциально опасные естественные и искусственные опасности

Оценка времени и дистанции кратчайшего сближения должны осуществляться до тех пор, пока естественная и/или искусственная опасность не будет пройдена чисто.

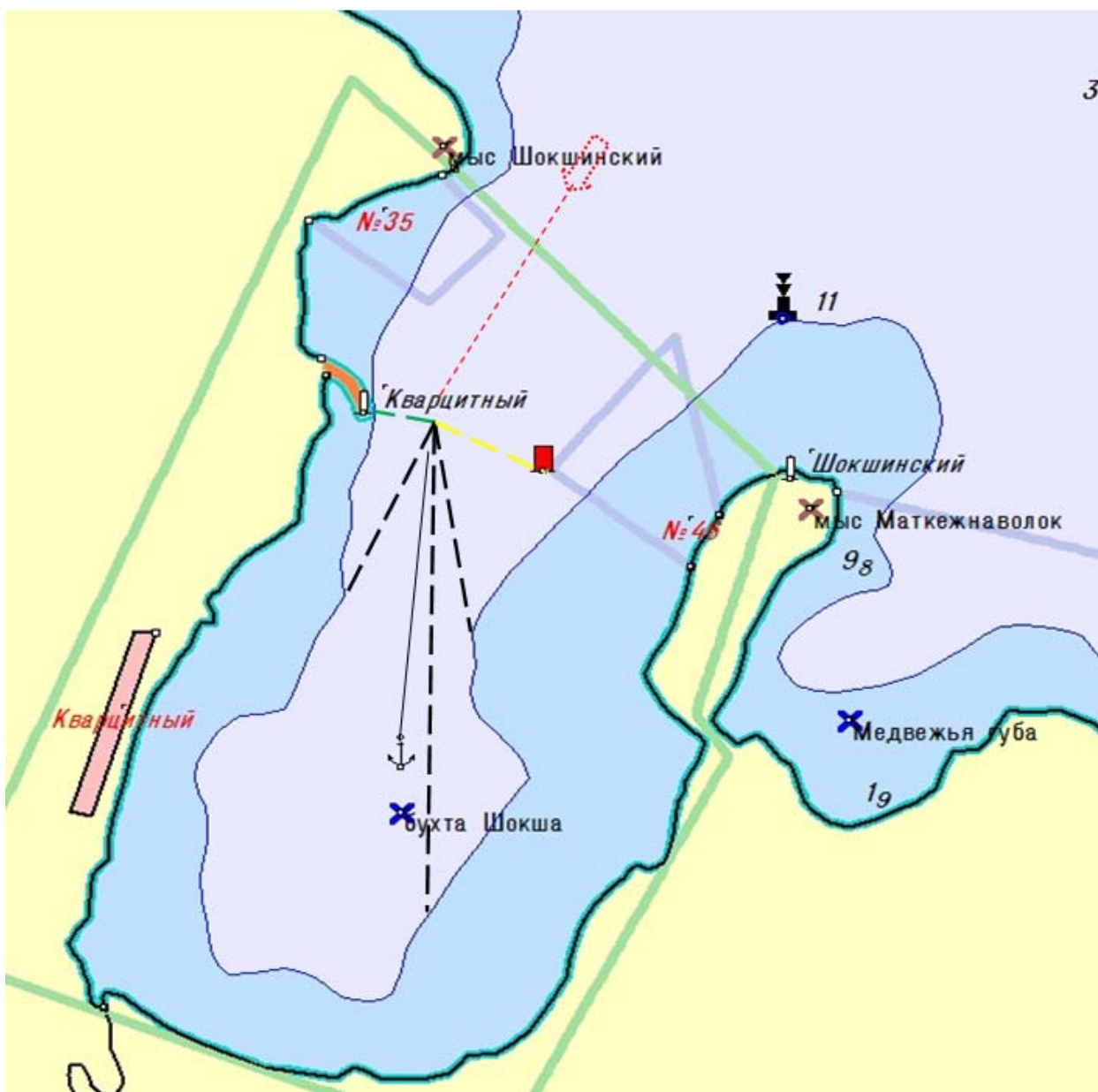


Рисунок 3.3 - Потенциально опасные естественные и искусственные опасности

В таком случае определение курсовых углов и дистанций до естественных и искусственных опасностей будет осуществляться путем расчета координат объекта и координат обсервованного места. В данном случае необходимо обеспечить, чтобы координаты, вырабатываемые НАП и электронной картой, были в одной системе координат, как правило, для официальных электронных карт стандарта S-57 это WGS-84. Тогда направление можно найти следующим образом:

$$\Pi = \arctan \left[ \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\ln \left( \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_2}{2} \right) \left( \frac{1 - e \sin \varphi_2}{1 + e \sin \varphi_2} \right)^{\frac{e}{2}} \right) - \ln \left( \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_1}{2} \right) \left( \frac{1 - e \sin \varphi_1}{1 + e \sin \varphi_1} \right)^{\frac{e}{2}} \right)} \right], \quad (3.5)$$

Тогда локсодромическое направление можно определить так:

$$D = a \sec \Pi \left( \left( 1 - \frac{1}{4} e^2 \right) \Delta \varphi - \frac{3}{8} e^2 (\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1) \right), \quad (3.6)$$

где  $\lambda_1, \varphi_1$  – координаты по НАП;

$\lambda_2, \varphi_2$  – координаты опасности;

$e$  – эксцентриситет сфероида WGS-84.

Вследствие использования НАП для определения координат подвижного объекта и переход в маршрутную систему координат для последующего определения времени и дистанции кратчайшего сближения при относительном движении потребуются сглаживание получаемых значений.

Исходными данными для решения этой задачи являются текущие значения дальностей  $D$  и курсовых углов КУ опасностей. КУ в нашем случае можно найти так:

$$КУ = \Pi - ИК. \quad (3.7)$$

В результате решения задачи должны быть получены оптимальные оценки координат  $\tilde{x}$  и  $\tilde{y}$  в маршрутной системе:

$$\begin{aligned} x &= D \sin КУ, \\ y &= D \cos КУ, \end{aligned} \quad (3.8)$$

При использовании текущей фильтрации на интервале наблюдения  $[0, T]$  оценки и получают на выходе сглаживающего блока, структура которого показана на рисунке 3.4.

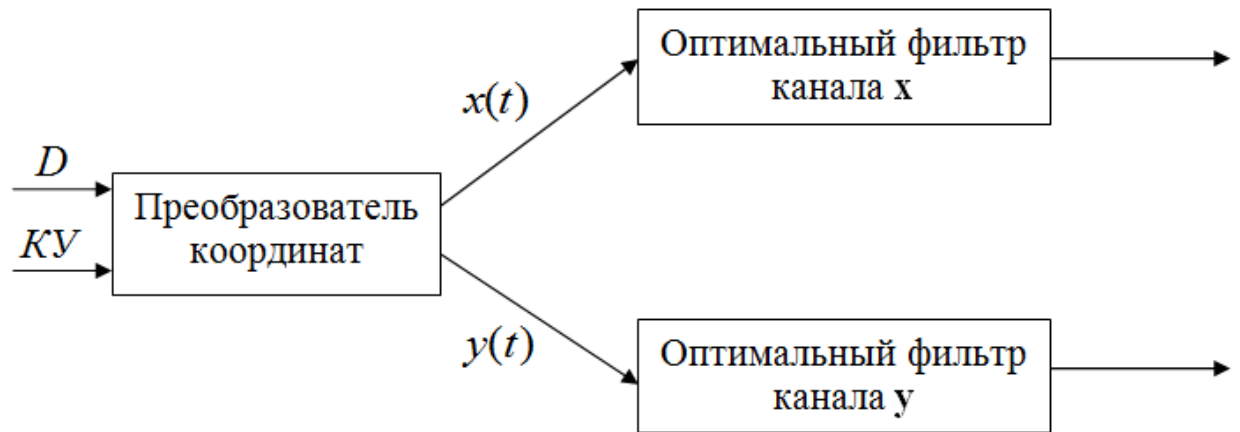


Рисунок 3.4 - Сглаживающий блок маршрутных координат

Блок представляет собой совокупность преобразователя координат, к выходу которого подключены оптимальные линейные фильтры скалярного параметра в каналах «x» и «y».

При использовании интерполяционного сглаживания на интервале наблюдения  $t \in [0, T]$ , но на выходе преобразователя координат по (3.8) рассматриваются выборки:

$$x(t_1) = x_1, x(t_2) = x_2, \dots, x(t_N = T) = x_N, \quad (3.9)$$

$$y(t_1) = y_1, y(t_2) = y_2, \dots, y(t_N = T) = y_N, \quad (3.10)$$

где для любого  $t_i \in [0, T]$  имеет место:

$$t_i = i \cdot T_0, \quad (3.11)$$

где  $T_0$  - период вращения антенны судовой РЛС.

В предположении, что движение судна на интервале  $T$  является равномерным и прямолинейным, текущие значения координат цели для относительного движения можно представить так:

$$x_i = x_1 + V_x(t_i - t_1), y_i = y_1 + V_y(t_i - t_1), \quad (3.12)$$

где  $V_x$  и  $V_y$  - проекции скорости относительного сближения судов на

оси «х» и «у».

С учетом (3.11) это выражение представляется в форме:

$$\begin{aligned} x_i = x_1 + V_x T_0 (i-1); \quad y_i = y_1 + V_y T_0 (i-1) \\ i = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (3.13)$$

Относительно искомым сглаженных значений параметров  $\tilde{x}_i$ ,  $\tilde{y}_i$ , или, что то же самое, параметров  $\tilde{x}_1$ ,  $\tilde{y}_1$  и  $\tilde{V}_x$ ,  $\tilde{V}_y$  в силу принятого допущения о равномерности и прямолинейности движения цели также можно считать справедливым соотношения:

$$\begin{aligned} \tilde{x}_i = \tilde{x}_1 + \tilde{V}_x T_0 (i-1); \quad \tilde{y}_i = \tilde{y}_1 + \tilde{V}_y T_0 (i-1) \\ i = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (3.14)$$

Для уменьшения систематических ошибок при определении сглаженных значений отсчеты и выборках (2.9) и (2.10) должны быть некоррелированы, что может быть достигнуто выполнением условия:

$$T_0 \gg \tau_k, \quad (3.15)$$

где  $\tau_k$  - время корреляции случайных ошибок в каналах обработки.

Практически это условие выполняется, если  $\frac{T_0}{\tau_k} \gg 10$ .

При выполнении (3.15) дисперсии ошибок фильтрации в каналах «х» и «у» соответственно равны:

$$\begin{aligned} \sigma_x^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \tilde{x}_i)^2, \\ \sigma_y^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - \tilde{y}_i)^2. \end{aligned} \quad (3.16)$$

Ошибки в каналах фильтрации также некоррелированы между собой. Тогда общая ошибка сглаживания имеет вид:

$$\sigma^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2, \quad (3.17)$$

Искомые оптимальные сглаженные значения параметров  $\tilde{x}_1$ ,  $\tilde{y}_1$  и  $\tilde{V}_x$ ,  $\tilde{V}_y$  могут быть найдены из решения задачи:

$$\min_{\tilde{x}_1, \tilde{y}_1, \tilde{V}_x, \tilde{V}_y} \sigma^2 = \min_{\tilde{x}_1, \tilde{V}_x} \sigma_x^2 + \min_{\tilde{y}_1, \tilde{V}_y} \sigma_y^2, \quad (3.18)$$

При этом  $\tilde{x}_1$ ,  $\tilde{V}_x$  для минимизации первого слагаемого правой части (3.18) находится из решения системы уравнения:

$$\frac{\partial \sigma_x^2}{\partial \tilde{x}_1} = 0, \quad \frac{\partial \sigma_x^2}{\partial \tilde{V}_x} = 0, \quad (3.19)$$

а величины  $\tilde{y}_1$ ,  $\tilde{V}_y$  для второго слагаемого – из системы уравнений:

$$\frac{\partial \sigma_y^2}{\partial \tilde{y}_1} = 0, \quad \frac{\partial \sigma_y^2}{\partial \tilde{V}_y} = 0, \quad (3.20)$$

В итоге можно получить:

$$\tilde{x}_1 = \frac{2}{N(N+1)} \sum_{i=1}^N (2N-3i+2)x_i, \quad (3.21)$$

$$\tilde{V}_x = \frac{6}{T_0 N(N^2-1)} \sum_{i=1}^N (2i-N+1)x_i,$$

$$\tilde{y}_1 = \frac{2}{N(N+1)} \sum_{i=1}^N (2N-3i+2)y_i, \quad (3.22)$$

$$\tilde{V}_y = \frac{6}{T_0 N(N^2-1)} \sum_{i=1}^N (2i-N+1)y_i.$$

Зная  $\tilde{x}_1$ ,  $\tilde{y}_1$  и  $\tilde{V}_x$ ,  $\tilde{V}_y$  достаточно просто можно найти оптимальные сглаженные значения параметров  $\tilde{x}_i$ ,  $\tilde{y}_j$  для любого  $t_i \in [0, T]$ .

Для решения задачи безопасного расхождения с естественной или

искусственной опасностью необходимо вычисление кратчайших времени и дистанции относительного сближения. Отыскание последних производится с помощью сглаженных значений  $\tilde{x}_N$ ,  $\tilde{y}_N$  при  $i=N$  которые равны:

$$\begin{aligned}\tilde{x}_N &= \tilde{x}_1 + \tilde{V}_x T_0 (N-1) \\ \tilde{y}_N &= \tilde{y}_1 + \tilde{V}_y T_0 (N-1)\end{aligned}\quad (3.23)$$

В результате время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с естественной или искусственной опасностью в акватории порта можно определить следующим образом:

$$D_{кр} = \frac{x_m V_{m(y)} - y_m V_{m(x)}}{V_m \Delta t}, \quad (3.24)$$

$$t_{кр} = -\frac{x_m V_{m(x)} + y_m V_{m(y)}}{V_m^2 \Delta t}. \quad (3.25)$$

В заключение можно отметить, что полученные соотношения могут использоваться и для оценки ситуации сближения с движущейся целью.

### **3.2 Исследование учета гидрометеорологических условий на принятие решений по маневрированию судна при расхождении**

Модель динамики судна при маневрировании определяет его движение в идеальных условиях. Для получения более адекватных решений в реальных условиях плавания необходимо учитывать текущие гидрометеоро условия в данном районе.

При принятии решений по маневрированию судна при расхождении должны учитывать гидрометеорологические факторы, в частности:

- условия видимости;
- волнение.

К числу гидрометеорологических факторов, которые необходимо учитывать в модели динамики судна, относятся:



- глубина под килем;
- ветер;
- течение.

Однако прежде чем учитывать в модуле расхождения гидрометеорологические факторы необходимо, чтобы в нем были доступные актуальные значения этих факторов в районах, где решается задача расхождения. Возможны несколько источников информации о гидрометеорологических факторах:

- глубина под килем - модуль картографии;
- течение - модуль картографии;
- ветер - модуль метеоданных;
- волнение - модуль метеоданных;
- условия видимости - модуль метеоданных.

В АИСРС, установленной на судне, необходимо обеспечить интерфейс с судовым модулем метеоданных. В АИСРС, работающей в составе комплекса СУДС, необходимые метеоданные могут быть получены из системы метеобуев, установленных в акватории.

### **Влияние условий видимости на принятие решений по маневрированию судов**

В условиях нормальной видимости решения по расхождению должны соответствовать разделу II части В МППСС. Однако, в условиях ограниченной видимости решения по безопасному расхождению должны соответствовать разделу III части В, т.е. Правилу 19 "Плавание судов при ограниченной видимости".

Поведение судов в условиях ограниченной видимости по требованиям этого правила должны отличаться от поведения в условиях прямой видимости друг друга (т.к. суда не находятся на виду друг у друга).

При движении в любых условиях плавания от судна требуется следовать с безопасной скоростью. Факторы, которые должны учитываться при назначении безопасной скорости, определены в Правиле 6 "Безопасная

скорость". Первым из факторов, которые необходимо учитывать при назначении безопасной скорости, является состояние видимости. Кроме того, в Правиле 19 еще раз указывается на необходимость следования безопасной скоростью в условиях ограниченной видимости.

Значение безопасной скорости не определяется в Правилах, но указывается, что эта скорость должна быть такой, чтобы судно могло "предпринять надлежащее и эффективное действие для предупреждения столкновения и могло быть остановлено в пределах расстояния, требуемого при существующих обстоятельствах и условиях" (Правило 6). Кроме того, машина должна быть готова к немедленному маневру.

Таким образом, в качестве значения безопасной скорости можно выбрать скорость, для которой тормозной путь судна при аварийном маневре ПЗХ не будет превышать размер домена безопасности судна в направлении его движения  $D$ :

$$S_v \leq D. \quad (3.26)$$

Однако назначение скорости для судна не является задачей, которую должен решать модуль расхождения. Тем не менее, он может выделить и пометить суда, следующие с превышением безопасной для данных условий скоростью. Особенно это актуально в случае работы АИСРС в составе СУДС. В этом случае суда, движущиеся в условиях ограниченной видимости с опасной скоростью могут быть помечены и оператор СУДС может оперативно связаться с судоводителями этих судов для уточнения обстановки и указания им на необходимость следовать безопасной скоростью.

Кроме того, при выборе маневра по расхождению следует избегать назначения маневров, связанных с увеличением значения скорости. Такие маневры могут противоречить требованию о следовании безопасной скоростью.

Еще одной особенностью маневрирования в условиях ограниченной видимости является требование к любому судну, которое "обнаружило присутствие другого судна только с помощью радиолокатора" и определило, что существует опасность столкновения "должно своевременно предпринять действие для расхождения". То есть в отличие от ситуации встречи на виду друг у друга в условиях ограниченной видимости нет привилегированного судна, которому уступают дорогу и каждое судно должно предпринимать маневр на расхождение.

Кроме того, поскольку согласно Правилу 8 необходимо обеспечить заметность предпринимаемого маневра, то в условиях ограниченной видимости маневры должны быть более значительны, чем в условиях нормальной видимости.

Сам маневр, который должен быть предпринят судном, не регламентируется, однако в Правиле 19 указывается, что если это маневр курсом, то "следует избегать:

- изменение курса влево, если другое судно находится впереди траверза и не является обгоняемым;

- изменение курса в сторону судна, находящегося на траверзе или позади траверза.

Таким образом, в условиях ограниченной видимости необходимо учитывать следующее:

- отсутствие роли судна, которому уступают дорогу;
- использование для расхождения более заметных маневров;
- исключение маневров, связанных с увеличением скорости;
- избегание поворотов влево, если другое судно находится впереди траверза (кроме ситуации обгона);

- избегание изменения курса в сторону судна, находящегося на траверзе или позади траверза.

**Влияние глубины под килем на динамику судна при маневрировании**

Маневренные характеристики судна представлены для глубокой воды. В случае движения на мелководье маневренные характеристики судна меняются.

Влияние мелководья начинает проявляться с уменьшением глубины по отношению к осадке судна, определяемой выражением:

$$H \leq 4d + \frac{3 \cdot V^2}{g}, \quad (3.27)$$

где  $d$  – осадка судна, м;

$V$  – скорость судна, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

При решении практических задач по маневрированию судна мелководьем можно считать, когда отношение глубины к осадке судна  $H/d < 4$ .

При движении судна на мелководье в дополнение к расходящимся волнам возникают поперечные волны в носовой и кормовой оконечностях. Происходит наложение одних волн на другие (интерференция), вследствие чего волновое сопротивление нарастает, и скорость судна уменьшается. Существенное влияние на волнообразование оказывает отношение  $H/d$  и относительная скорость, определяемая числом Фруда по глубине:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}}. \quad (3.28)$$

При числе Фруда менее 0,6 волнообразование сходно с волнообразованием на глубокой воде. При числе Фруда равном единице ( $Fr = 1$ ) угол между волнами и диаметральной плоскостью судна возрастает до

предельного угла  $90^\circ$  и волновое сопротивление становится максимальным, а скорость судна «критической». Она получается из выражения при  $Fr = 1$ :

$$V_{кр} = \sqrt{gH}. \quad (3.29)$$

При числе Фруда больше единицы ( $Fr > 1$ ) сопротивление воды падает, но обычно у судов не хватает мощности машин, чтобы создать закритическую скорость. Потерю скорости на мелководье при плавании в зоне докритических скоростей можно приближенно определить по эмпирической формуле С.И. Демина:

$$\Delta V = 4,4 \frac{H}{d} - 34 \frac{V}{\sqrt{gH}}. \quad (3.30)$$

где  $V$  – скорость на глубокой воде, м/с;

$H$  – глубина, м;

$d$  – средняя осадка судна, м.

Потеря скорости, полученная по формуле (3.30) должна получиться со знаком «минус».

Мелководье существенно влияет на маневренные характеристики судна. Натурные исследования и исследования на моделях крупнотоннажных судов показали:

- для данного угла перекладки руля судно более медленно реагирует в начале поворота;
- скорость поворота значительно меньше, чем на глубокой воде;
- угол дрейфа для одинаковых скоростей поворота меньше, чем на глубокой воде, следовательно, обратное смещение, выдвиг по первоначальному курсу и диаметры циркуляции увеличиваются.

Диаметр установившейся циркуляции на мелководье можно определить по формуле:

$$D_m = \frac{D_u}{1 + 0,1 \cdot (d/H) - 0,71 \cdot (d/H)^2}, \quad (3.31)$$

где  $D_u$  – диаметр установившейся циркуляции на глубокой воде, м.

Для расчета выдвиг судна по первоначальному курсу  $S_o$ , на мелководье можно использовать зависимость:

$$S_o = 2,38 \cdot L + 0,36 \cdot D_u. \quad (3.32)$$

При движении судна на мелководье основное влияние на его инерционно-тормозные характеристики оказывают три фактора: увеличение сопротивления воды, увеличение присоединенных масс и моментов инерции, изменение коэффициента влияния корпуса на движитель.

При движении судна на мелководье коэффициент упора винта по сравнению с глубокой водой увеличивается. Изменение упора винта  $Pe$  в зависимости от глубины показано на рисунке 3.5: кривая  $Pe = f(H)$  соответствует примерно одинаковым скоростям, т.е. для одинаковых величин, принятых для случая движения при числе  $Fr = 0,5$ .

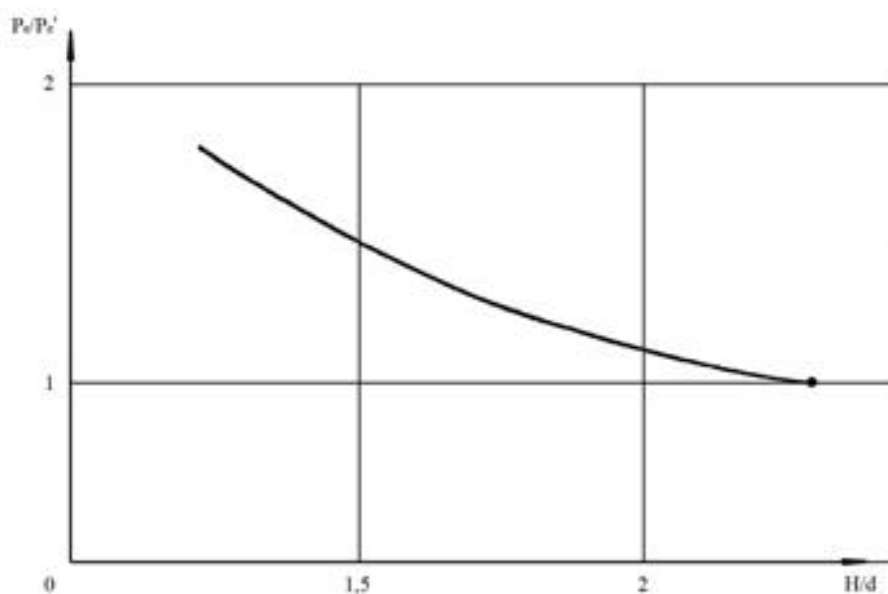


Рис. 3.5 – Изменение упора винта  $P_e$  в зависимости от глубины

Некоторые источники указывают на увеличение тормозного пути на мелководье. Другие указывают на уменьшение тормозного пути. Однако, значения изменений тормозного пути не превышают 10%.

Таким образом, для упрощенного учета влияния мелководья на маневренные характеристики судна можно принять следующее:

- эффект влияния мелководья считать для глубин менее 4 осадок судна:  $H/d < 4$ ;
- при маневре курсом на глубинах  $H/d = 1,5$  выдвиг судна по первоначальному курсу  $S_0$  увеличивается на 50%;
- эффект влияния мелководья на глубинах  $H/d = 1,5$  диаметр циркуляции увеличивается на 50%;
- при маневрах изменения скорости влиянием мелководья можно пренебречь.

**Влияние ветра на управляемость судна.** Ветер оказывает наиболее неблагоприятное воздействие на движение и маневрирование судов, особенно тех, которые имеют большую высоту надводного борта и сильно развитые надстройки. Степень и характер воздействия ветра на судно зависят от многих факторов, основными из которых являются: площадь парусности судна и расположение его центра; отношение величины надводного борта к осадке судна; сила и направление ветра относительно ДП судна; курс и скорость движения судна относительно направления ветра.

Для решения задач о влиянии ветра на движущееся судно необходимо отличать истинный, действительный ветер от кажущегося или относительного. Кажущийся ветер тот, который ощущается на движущемся судне. При движении судна скорость истинного ветра геометрически складывается со скоростью набегающего воздушного потока, называемого курсовым ветром (скорость последнего равна скорости судна).

Наибольшее влияние на судно оказывает ветер, направленный

перпендикулярно или под углом к ДП судна. При этом возникает дрейф (боковой снос), крен, разворот судна на ветер или под ветер, а также изменение скорости движения.

Циркуляция при ветре показана на рисунке 3.6.

При циркуляции против ветра (рисунок 3.6а) величина выбега, как правило, значительно уменьшается, диаметр циркуляции несколько увеличивается, и траектория циркуляции смещается в подветренную сторону.

Циркуляция судна по ветру (рисунок 3.6б) в большинстве случаев вызывает значительное увеличение выбега и диаметра циркуляции.

Циркуляционное движение судна при наличии сильного бортового ветра (рисунок 3.3в) резко отличается от циркуляции в штилевую погоду. У большинства судов параметры циркуляции при повороте на ветер значительно лучше, чем при повороте под ветер.

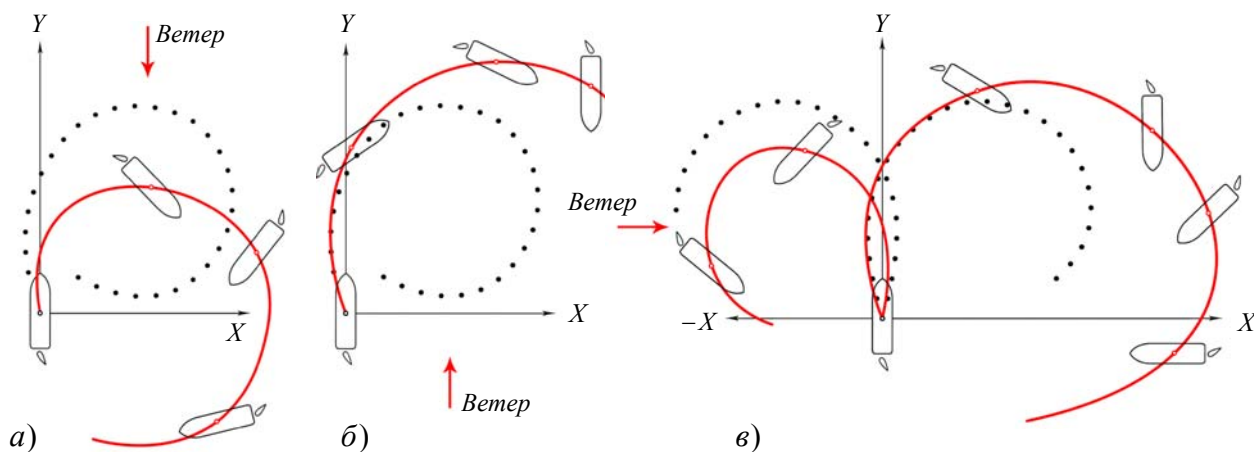




Рисунок 3.6 – Циркуляция судна при ветре: а) циркуляция судна против ветра, б) циркуляция судна по ветру, в) циркуляция судна при сильном бортовом ветре

Влияния течения на управляемость судна. Течение воды, направленное под углом к ДП судна, одновременно изменяет и скорость и траекторию движения судна; значение истинной скорости движения судна зависит от суммы (или разности) скоростей течения и судна; значение угла сноса зависит от направления течения относительно ДП судна, скорости течения и скорости движения судна (чем больше угол между течением и ДП судна и меньше скорость движения судна, тем больше будет величина сноса).

Циркуляция на течении характеризуется следующими особенностями. При движении судна по течению (рисунок 3.7а), после перекладки руля (точка 1), развитие эволюционного периода циркуляции (точки 2,3) происходит сравнительно медленно и судно некоторое время перемещается в направлении, почти перпендикулярном течению (точки 3, 4, 5), а затем резко и круто совершает поворот в сторону перекладки руля (точки 6, 7, 8). Окончание циркуляции на  $360^\circ$  (точка 9) в данном случае завершается значительно ниже (по течению), чем при циркуляции без влияния течения, которая показана на рисунке 3.7а пунктирной линией и точками 2'—9'. Кроме того, циркуляция по течению сопровождается сильной раскаткой кормы (большим углом дрейфа кормы) и повышенным общим дрейфом судна под действием течения.

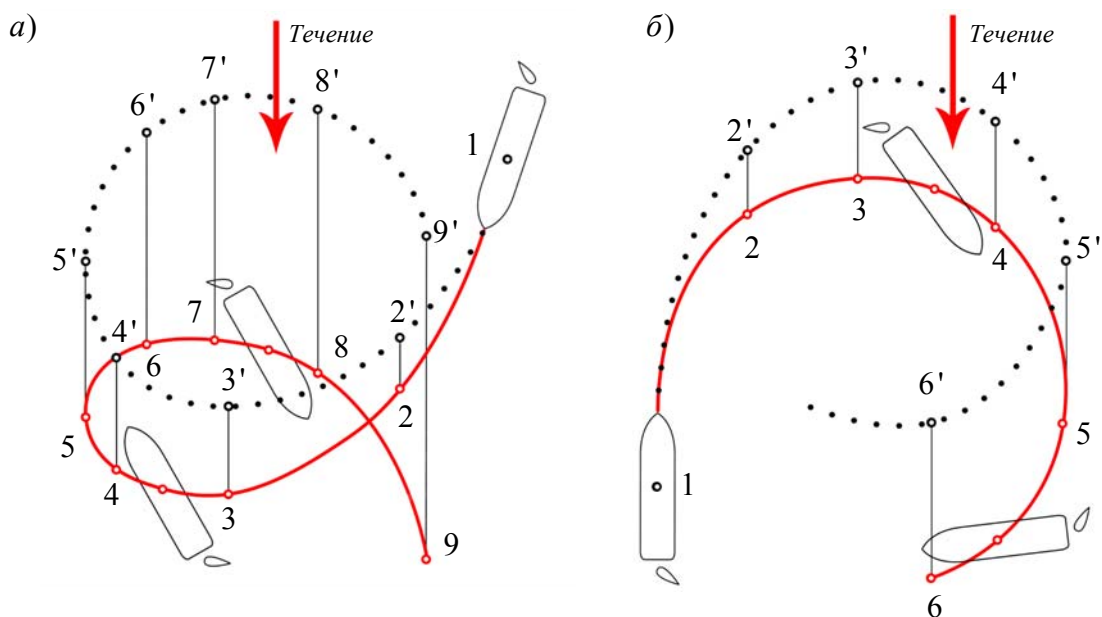


Рис. 3.7 – Циркуляция судна на течении: а) по течению, б) против течения

Циркуляция против течения (по сравнению с циркуляцией при отсутствии течения (рисунок 3.6б, точки 2—6)) характеризуется сравнительно равномерным развитием эволюционного периода (точки 2,3), ц. т. судна, близкой к окружности. Необходимо учитывать, что при циркуляции судна на угол, больший  $180^\circ$  (точка 6), оно под действием течения будет подвержено сильному сносу по течению. При этом нужно помнить, что в начале циркуляции судна до поворота его на угол, примерно равный  $90^\circ$ , наблюдается сравнительно небольшая раскатка кормы, а затем угол дрейфа и угловая скорость вращения судна резко возрастают, достигая своей максимальной величины после поворота на  $180—270^\circ$  (точки 4—6).

Сравнивая положение точек 1 и 5 на траекториях циркуляции судна по течению (рисунок 3.7а) и против течения (рисунок 3.7б), можно сделать следующий вывод: от положения судна в момент перекладки руля (точка 1) до поворота его на  $180^\circ$  (точка 5) судну, выполняющему циркуляцию по течению, требуется значительно большее расстояние в направлении предыдущего курса, чем при циркуляции против течения.

В модели динамики судна на повороте течение может быть учтено следующим образом:

Проекции скорости судна с учетом течения:

$$\begin{aligned} V_{cx}^* &= V_c \sin(K_c) + V_T \sin(K_T) \\ V_{cy}^* &= V_c \cos(K_c) + V_T \cos(K_T) \end{aligned} \quad (3.33)$$

Координаты судна на момент  $t$  от начала поворота:

$$\begin{aligned} X_c^* &= X_c + V_T \cdot t \cdot \sin(K_T) \\ Y_c^* &= Y_c + V_T \cdot t \cdot \cos(K_T) \end{aligned} \quad (3.34)$$

где  $V_c, K_c$  - скорость и курс судна,

$V_T, K_T$  - скорость и направление течения.

На рисунках 3.8-3.9 показано как изменяется траектория движения судна (Bulk carrier 6500t) при повороте 10° правого борта при различных значениях скорости и направления течения.

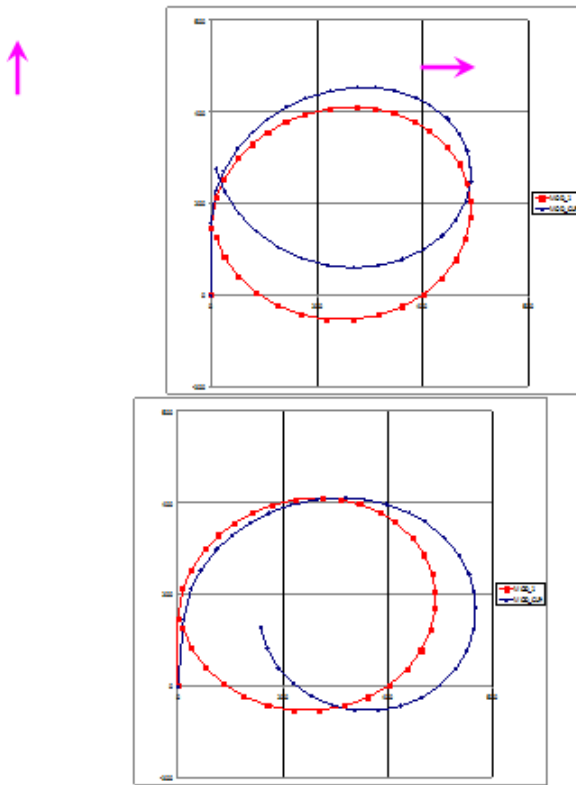


Рисунок 3.8 (а) – Кривые циркуляции судна при повороте на 10<sup>о</sup> правого борта. Скорость течения 1 узел, направление: 0, 90, 180, 270 градусов

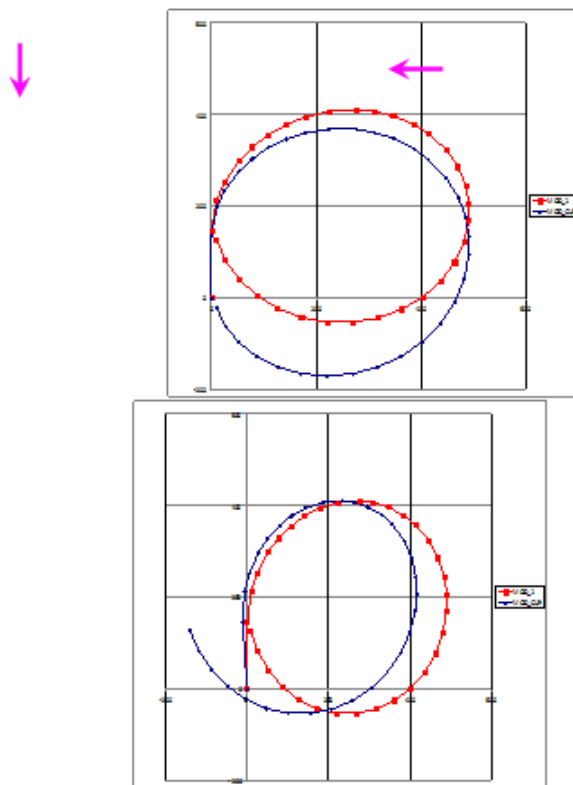


Рисунок 3.8 (б) – Кривые циркуляции судна при повороте на 10<sup>о</sup> правого борта. Скорость течения 1 узел, направление: 0, 90, 180, 270 градусов

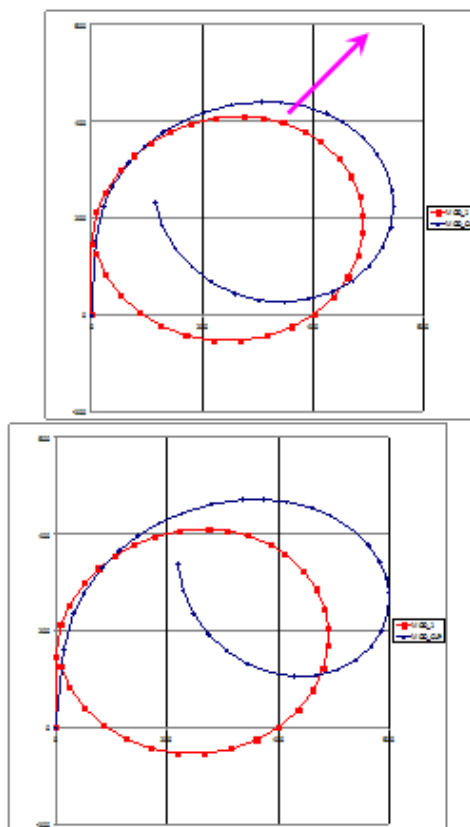


Рисунок 3.9 – Кривые циркуляции судна при повороте на 100 правого борта. Направление течения 450, скорость 1 узел, 2 узла

### **Влияние волнения на динамику судна при маневрировании**

Влияние волнения может выразиться в появлении резонансных значений качки судна при определенных курсовых углах волны и скоростях судна. В случае совпадения периода собственных колебаний судна с кажущимся периодом волны возникают резонансные эффекты, приводящие к потере груза или самого судна. Опасные значения курсовых углов волнения могут быть определены с помощью универсальной диаграммы Ремеза (Рисунок 3.10). Однако, для получения результата по этой диаграмме необходимо знать период собственной бортовой качки судна, направление волнения и длину волны в районе плавания судна.

Порядок определения опасных секторов по диаграмме Ремеза следующий:

- на нижней части диаграммы находим точку пересечения скорости судна и курсового угла волны;

- от нее проводим вертикальную линию вверх до кривой, соответствующей кажущемуся периоду волны;
- проводим горизонтальную линию и по вертикальной шкале определяем длину волны;
- по периоду бортовой качки судна  $T$  с использованием верхней шкалы находим значения границ диапазона опасных периодов:  $0,7T$  и  $1,3T$ ;
- находим пересечение кривых, соответствующих границам опасных периодов качки с горизонтальной линией, соответствующей длине волны;
- от этих точек проводим вертикальные линии вниз, получая в нижней части диаграммы область опасных сочетаний скорости судна и курсового угла волны.

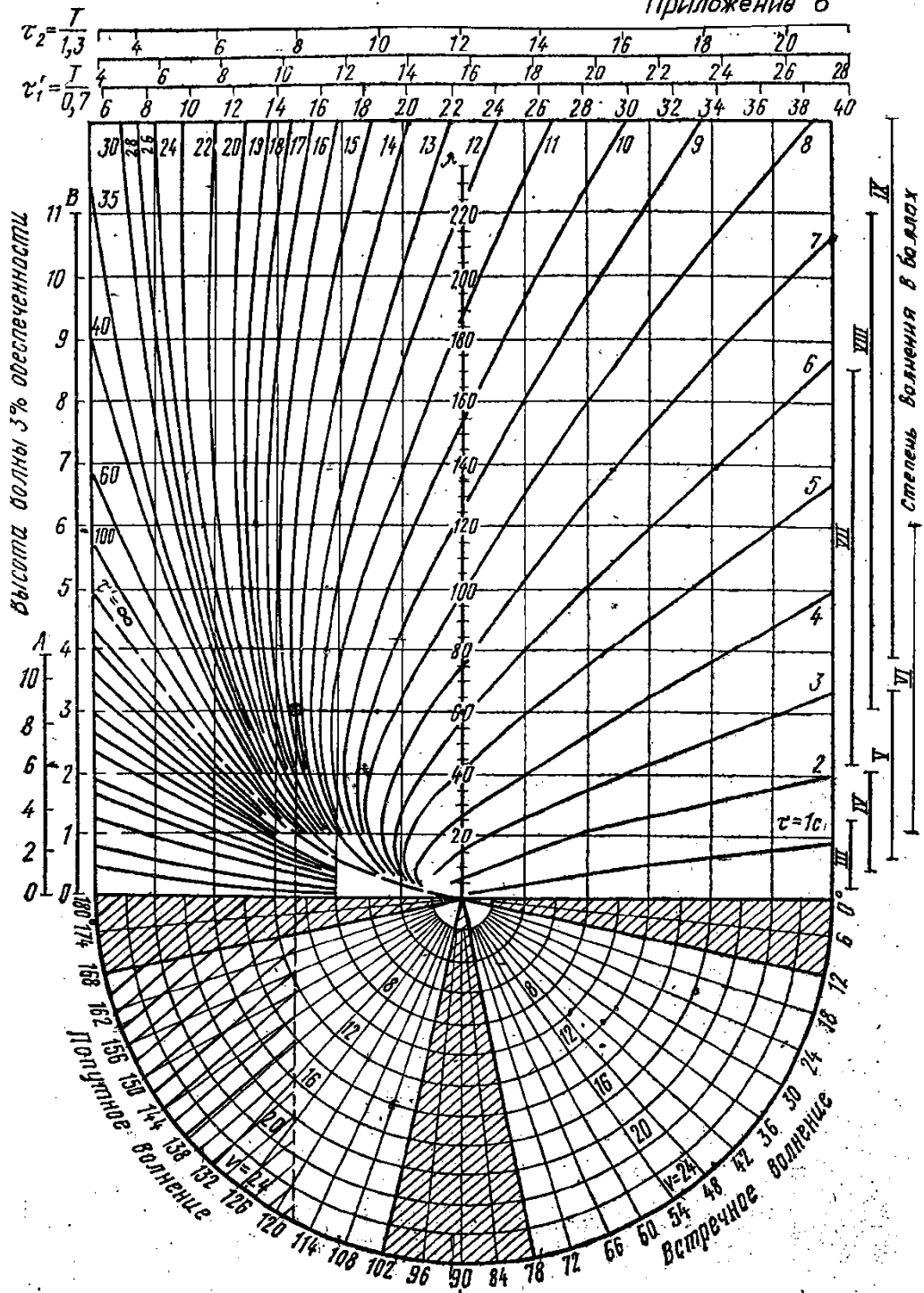


Рисунок 3.10 – Диаграмма Реза

Для вычислений можно использовать следующие формулы.

Период собственных колебаний с достаточной точностью можно определить при помощи формулы:

$$T_c = \frac{f \cdot B}{\sqrt{h}}, \text{ с} \quad (3.35)$$

где  $h$  – поперечная метацентрическая высота, м;

$B$  - ширина судна, м;

$f$  – коэффициент, зависящий от водоизмещения, отношения  $H/B$ ,

коэффициентов общей полноты и полноты ватерлинии, который находится в пределах 0,6 - 1.

Качка для судна опасна в случае возникновения явления резонанса, т.е. когда период собственных колебаний  $T_c$  совпадает с кажущимся периодом волны  $T_g$ :  $T_c / T_g = 1$ . Однако, опасным считают диапазон  $[0,7..1,3]$ , то есть:

$$\frac{T_c}{0,7} \leq T_g \leq \frac{T_c}{1,3} \quad (3.36)$$

Кажущийся период волны определяется выражением:

$$T_g = \frac{\lambda}{1,25 \cdot \sqrt{\lambda} \pm 0,514 \cdot V \cdot \cos q} \quad (3.37)$$

где  $\lambda$  – истинная длина волны, м;

$V$  – скорость судна, уз;

$q$  – курсовой угол направления бега волны, град.;

Знак «+» относится к случаю движения судна против волны, «-» – по волне.

Таким образом, следует избегать выбора маневров по расхождению, приводящие к поворотам, приводящим волнение в сектор опасных курсовых углов. Для этого для планируемого маневра можно рассчитать кажущийся период волны и сравнить его с периодом собственных колебаний судна по формуле (3.36). В случае выполнения неравенств (3.36) полученный маневр будет приводить к опасным резонансным явлениям.



## Алгоритм исключения опасных маневров при решении задач расхождения

Для учета неблагоприятных погодных условий (сильное волнение) в системе необходимо иметь механизм исключения из рассмотрения маневров, приводящих к опасному влиянию на судно данных факторов.

В соответствие с положениями предыдущего раздела может быть сформирован алгоритм исключения опасных маневров при принятии решения по расхождению.

Схема алгоритма представлена на рисунке 3.11.

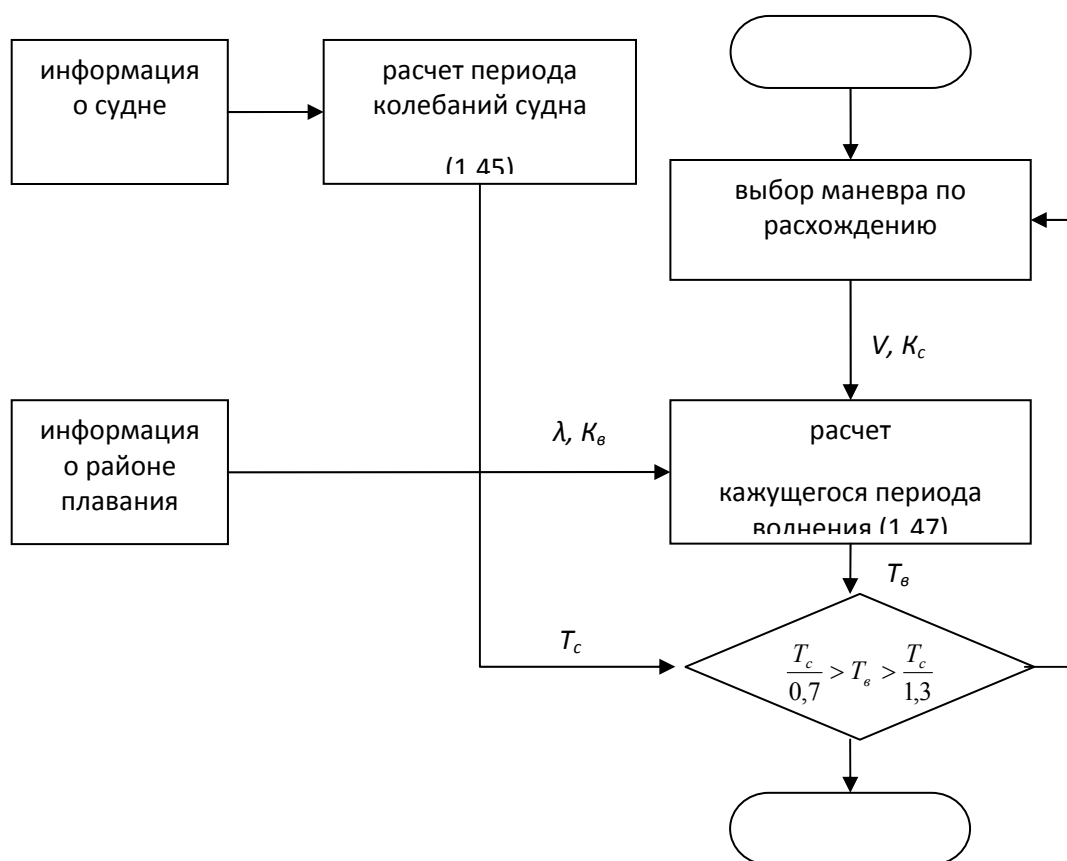


Рисунок 3.11 – Схема алгоритма исключения опасных маневров

### Выводы

В данной главе были представлены алгоритм движения судна относительно навигационных опасностей, а также было рассмотрено влияние гидрометеорологических условий на принятие решений по маневрированию судна при расхождении.

## Заключение

Целью данной работы являлось исследование алгоритмов параметров движения корабля относительно навигационных опасностей при движении в морском порту.

В ходе данной работы были решены следующие задачи:

1. Рассмотрена акватория морского порта.
2. Рассмотрены виды навигационных опасностей и навигационные аварийные случаи, с которыми может столкнуться судно в акватории морского порта.
3. Рассмотрены средства навигационного оборудования и система управления движением судов
4. Произведено исследование алгоритмов определения параметров движения корабля относительно навигационных опасностей находящихся в акватории морского порта и влияние гидрометеорологических условий на корпус корабля при маневрировании.

Акватория морского порта является наиболее опасной в плане навигационных аварийных случаев. Это связано с тем, что на малой территории сконцентрировано большое количество судов. Стоит также обратить внимание и на подходы к морскому порту, т.к. аварийные случаи могут происходить на сложных для прохождения участках. Чтобы предотвратить аварию необходимо осуществлять тщательный контроль за движением судов, обеспечивать труднопроходимый участок пути средствами навигационного обеспечения, а так же повышать квалификацию судоводителей, чтобы не происходило аварийных случаев, т.к. окончательное решение по совершению какого-либо маневра остается за капитаном судна.

## Список использованных источников

1. Безопасность плавания в портовых водах. Погосов С. Г. М., «Транспорт», 1977. 136 с.
2. Бирюков Н.В., Денисов А.С., Ковалев Я.А. Кораблевождение Москва, Военное издательство 1986.
3. Груздев Н.М., Колтуненко В.В., Гладков Г.Е. Морская навигация Москва, Военное издательство 1992.
4. Система ограждения МАМС. Система навигационного оборудования плавучими предостерегательными знаками Международной ассоциации маячных служб. Л., 1983. 31 с.
5. Порты и портовые сооружения [Электронный документ] (<https://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785432300935-SCN0000.html>) Дата обращения 30.03.2021.
6. Расчет глубины на канале [Электронный документ] (<https://studfile.net/preview/5176099/page:2/>) Дата обращения 31.03.2021.
7. Морские навигационные опасности. Виды навигационных опасностей. [Электронный документ] ([https://studopedia.net/12\\_22712\\_morskie-navigatsionnie-opasnosti-vidi-navigatsionnih-opasnostey.html](https://studopedia.net/12_22712_morskie-navigatsionnie-opasnosti-vidi-navigatsionnih-opasnostey.html)) Дата обращения 03.04.2021.
8. Навигационные опасности. [Электронный документ] (<https://flot.com/publications/books/shelf/rulkov/49.htm>) Дата обращения 05.04.2021.
9. Средства навигационного оборудования (СНО) [Электронный документ] ([http://korabley.net/news/sredstva\\_navigacionnogo\\_oborudovaniya\\_sno/2010-08-09-624](http://korabley.net/news/sredstva_navigacionnogo_oborudovaniya_sno/2010-08-09-624)) Дата обращения 05.04.2021.
10. Филимонов В.Р. Маневрирование крупнотоннажного танкера типа «МОСКВА»

11. Алферов В.И., Шапошников В.М. Анализ прочности палубной конструкции при действии экстремальной силовой и тепловой нагрузки.
12. Средства навигационного оборудования (СНО) [Электронный документ] ([https://kliper2011.mirtesen.ru/blog/43857673895/Sredstva-navigatsionnogo-oborudovaniya-\(SNO\)](https://kliper2011.mirtesen.ru/blog/43857673895/Sredstva-navigatsionnogo-oborudovaniya-(SNO))) Дата обращения 06.04.2021.
13. Судоходная обстановка озер и морских устьев рек [Электронный документ] (<https://mydocx.ru/10-123049.html>) Дата обращения 12.04.2021.
14. Плавающий маяк [Электронный документ] (<https://mybiblioteka.su/tom2/2-56140.html>) Дата обращения 14.04.2021.
15. Предварительные расчеты и проработка маршрута следования судна. [Электронный документ] (<https://poznayka.org/s87451t1.html>) Дата обращения 15.04.2021.
16. Смоленцев С.В. Автоматический синтез решений по расхождению судов в море.
17. Навигационное оборудование морских путей [Электронный документ] ([https://revolution.allbest.ru/transport/00755802\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/transport/00755802_0.html)) 15.04.2021.
18. Влияние ветра и течения на управляемость [Электронный документ] (<https://studfile.net/preview/1855180/>) Дата обращения 16.04.2021.
19. Международные правила предупреждения столкновения судов.
20. Средства навигационного оборудования морей. [Электронный документ] (<http://refwin.ru/1276273024.html>.) Дата обращения 16.04.2021.
21. Плавающие знаки при латеральной расстановке [Электронный документ] (<https://mybiblioteka.su/tom2/2-56145.html>) Дата обращения 18.04.2021.
22. Предотвращение столкновений судов: конспект лекций [Электронный документ]

([http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=482343](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=482343)) Дата обращения 20.04.2021.

23. Мотрохов А.Н. Практическое кораблевождение ГУН и О СПб 1982
24. Система управления движением судов [Электронный документ] (<https://seaspirit.ru/morskie-konvencii/morskoe-pravo/sistemy-upravleniya-dvizheniem-sudov.html>) Дата обращения 23.04.2021
25. Положение о системах управления движением судов.
26. Ерыгин В.В. Радиоэлектронные средства обеспечения безопасности швартовки крупнотоннажных судов в задаче снижения роли человеческого фактора.
27. Кораблевождение, Практическое пособие для штурманов, Шандабылов В.Д., 1972.
28. А.С. Денисов Кораблевождение в видимости берегов Севастополь 1982
29. Г.Г. Ермолаев, Л.П. Андронов, Е.С. Зотеев, Ю.П. Кирин, Л.Ф. Черниев. Морское судовождение. Издательство «Транспорт» Москва — 1970
30. Морская навигация, Сидоров В.И., Романов В.В., 2003.