



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра информационных технологий и систем безопасности**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

(Магистерская диссертация)

На тему: «Применение систем высокоточного позиционирования при  
проведении тральных работ на внутренних водных путях»

Исполнитель Лучков Михаил Михайлович  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

(подпись)

доктор технических наук, профессор  
(ученая степень, ученое звание)

Сикарев Игорь Александрович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
И.о. заведующий  
кафедрой

(подпись)

доктор технических наук, профессор  
(ученая степень, ученое звание)

Бурлов Вячеслав Георгиевич  
(фамилия, имя, отчество)

«    »                      2025 г.

Санкт-Петербург

2025



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра информационных технологий и систем безопасности**

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой ИТиСБ

\_\_\_\_\_ / Бурлов В.Г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

**Задание**

**на выпускную квалификационную работу**

Студенту Лучкову Михаилу Михайловичу

1. Тема: «Применение систем высокоточного позиционирования при проведении тральных работ на внутренних водных путях»  
закреплена приказом ректора Университета от \_\_.\_\_.\_\_\_\_ года,  
№ \_\_\_\_\_
2. Срок сдачи законченной работы: «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 года.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:  
Научные статьи, проектная документация, учебные пособия.

4. Перечень вопросов, подлежащих разработке (краткое содержание работы):

- Введение. Актуальность темы, цели и задачи ВКР.
- Глава 1. Анализ современного состояния технологии проведения тральных работ на внутренних водных путях
- Глава 2. Разработка эксплуатационных методов проведения тральных работ с применением электронных навигационных карт, современных гидроакустических средств и глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС и ее функциональных дополнений.
- Заключение. Выводы по работе в целом. Оценка степени решения поставленных задач. Практические рекомендации.

5. Перечень материалов, предоставляемые к защите:

- ВКР (пояснительная записка);
- отзыв руководителя;
- заключение о проверке работы в системе «Антиплагиат»
- иллюстративный материал (плакаты, слайды, таблицы, схемы, графики...)
- раздаточный материал

6. Консультанты по работе: отсутствуют

Руководитель выпускной квалификационной работы:

доктор технических наук

Сикарев Игорь Александрович

---

(должность, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество)

(подпись)

Дата выдачи задания:

Задание принял к исполнению

Студент Лучков Михаил Михайлович, МД-М23-1

---

(фамилия, имя, отчество, учебная группа)

(подпись)

## РЕФЕРАТ

Отчет о дипломной работе состоит из 97 страниц., 2 разделов, 11 таблиц; 57 рисунков; список использованной литературы включает 24 источника.

В современных условиях для поддержания безопасности судоходства на внутренних водных путях (ВВП) в рамках путевых работ осуществляется сплошное и выборочное траление фарватеров. Хотя используемые технологии позволяют контролировать соблюдение гарантированных габаритов судовых ходов (СХ) и обнаруживать подводные препятствия, они отличаются значительными временными и финансовыми затратами. Еще одним существенным недостатком является невозможность точного картографического фиксирования полученных данных.

Для повышения уровня безопасности навигации на ВВП России необходимо внедрение инновационных методов траления, которые смогут гарантировать практически стопроцентную очистку фарватера от опасных объектов. Кроме того, такие технологии должны обеспечивать автоматизированную фиксацию всех параметров траления, что позволит создавать детальную документацию в режиме реального времени.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
Глава 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ТРАЛЬНЫХ РАБОТ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ	8
1.1. Анализ оборудования, применяемого для производства тральных работ .....	12
1.2. Анализ используемых в настоящее время методик проведения тральных работ .....	37
1.3. Анализ используемой в настоящее время нормативной документации, регламентирующей проведение тральных работ .....	49
Глава 2. РАЗРАБОТКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ ТРАЛЬНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ КАРТ, СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС И ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНЕНИЙ .....	52
2.1. Разработка научно-обоснованных предложений по распределению потоков данных, получаемых при проведении тральных работ	52
2.1.1. Распределение потоков данных при проведении тральных работ на ВП РФ .....	52
2.1.2. Каналы передачи данных .....	64
2.2. Выработка научно-обоснованных предложений по обеспечению точности позиционирования при проведении тральных работ на ВВП	76
2.2.1. Точность позиционирования при проведении тральных работ на ВВП РФ .....	76

2.2.2. Перспективное гидрографическое оборудование для проведения тральных работ на ВВП РФ .....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	94

## ВВЕДЕНИЕ

Современный внутренний водный транспорт России активно осваивает цифровые технологии навигации, включая электронные картографические системы, спутниковое позиционирование и телекоммуникационные решения. Для дальнейшего прогресса в этой сфере необходимо оснастить суда перспективными навигационно-информационными комплексами, адаптированными к особенностям российских водных путей.

Безопасность судоходства напрямую зависит от состояния внутренних водных путей (ВВП), что требует применения автоматизированных гидрографических и путевых систем. К ним относятся автоматизированные обстановочные (АОК), промерные (АПК) и тральные (АТК) комплексы. Однако для их эффективного использования необходимы новые методики, учитывающие топологию ВВП — свободных рек, каналов, водохранилищ и зарегулированных участков.

Таким образом, ключевой задачей становится разработка инструментов оценки возможностей действующих и перспективных АТК. Это позволит оптимизировать их применение в путевых работах и повысить уровень безопасности судоходства за счет максимально эффективного использования автоматизированных тральных систем.

## Глава 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ТРАЛЬНЫХ РАБОТ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

Водные артерии России – реки, водохранилища и судоходные каналы – таят в своих глубинах немало угроз для судоходства. На дне могут скрываться самые разные объекты, способные повредить суда или даже привести к аварии. Природа их происхождения разнообразна: это и естественные процессы, и последствия человеческой деятельности.

Одной из распространенных опасностей являются деревья, попадающие в воду из-за размыва берегов. Они могут оставаться на месте обрушения или, подхваченные течением, перемещаться вниз по реке. Со временем намокшая древесина опускается на дно, причем корневая часть, как более тяжелая, часто заносится илом. Не менее коварны топляки – бревна, затонувшие во время сплава или из-за небрежной укладки плотов.

Рельеф дна также непостоянен: из-за изменений русла на судовом ходу могут внезапно оказаться каменные гряды, отдельные валуны или твердые глиняные выступы, ранее скрытые под слоем наносов. Весенний ледоход добавляет проблем – камни, вмерзшие в лед, поднимаются с мелководья и переносятся течением, а после таяния льда оказываются в самых неожиданных местах. Порой их выносит в основное русло из притоков или смывает ливневыми потоками.

На водохранилищах угрозу представляют остатки построек и деревьев, оставшиеся после затопления территорий. В некоторых районах встречаются даже плавающие торфяные острова. Серьезную опасность создают и последствия аварий: обломки судов, барж или плотов, потерянные якоря, элементы конструкций. В портовых зонах грузовые операции иногда приводят к попаданию в воду товаров, что также мешает судоходству.

Не стоит забывать и о старых гидротехнических сооружениях – разрушенных молах, водозаборах или регулиционных конструкциях, которые со временем оказываются на пути судов.

Для обеспечения безопасности судоходства проводятся руслоочистительные работы. Их задача – обнаружить и удалить опасные объекты, а также предотвратить их появление в будущем. Перед этим выполняются тральные работы: с помощью специальных устройств проверяют габариты судового хода и выявляют скрытые препятствия. Только после такой подготовки можно приступать к полноценной очистке фарватера.(рис. 1.1).



Рисунок 1.1. Виды руслоочистительных работ.

Дноочистительные работы – это сложный процесс удаления из толщи воды и со дна самых разных объектов, способных создать угрозу для движения судов. Поднимаются затонувшие бревна, металлические конструкции, камни и другие препятствия, которые могут повредить суда или нарушить судоходство.

Берегоочистительные работы носят превентивный характер. Их задача – заранее убрать с береговой линии потенциально опасные предметы: поваленные деревья, строительный мусор, разрушающиеся сооружения. Если этого не сделать, рано или поздно они окажутся в воде из-за естественных процессов – размыва берегов, подъема уровня воды или обрушения грунта.

Такие работы помогают предотвратить будущие проблемы, снижая риски для судоходства и сокращая затраты на ликвидацию последствий.

В практике тральные работы можно разделить на три вида (рис. 1.2).

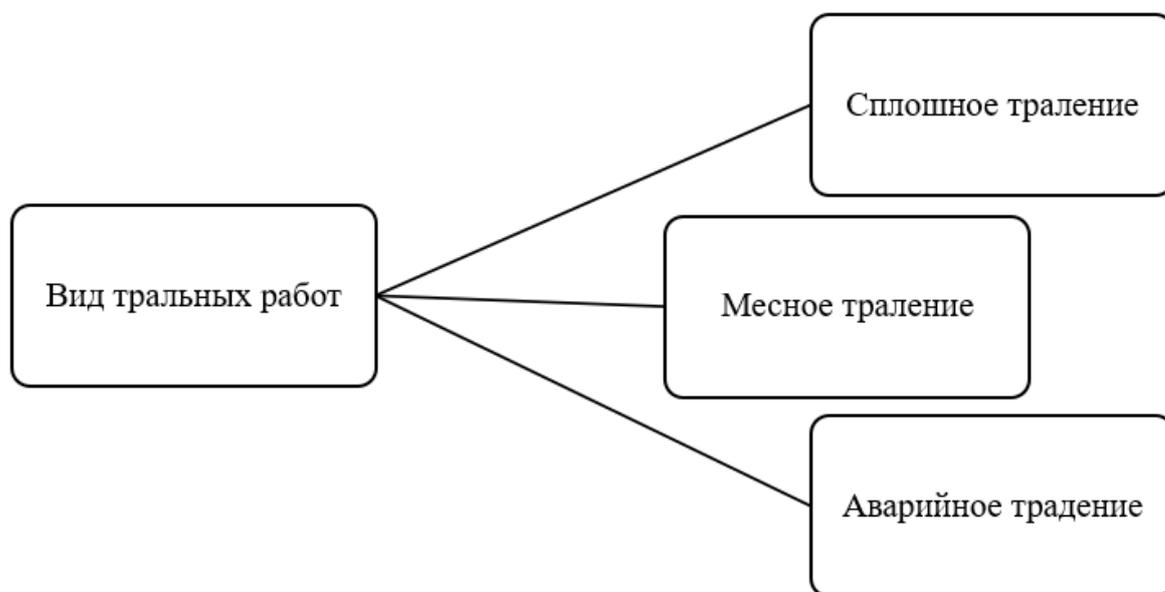


Рисунок 1.2. Виды тральных работ.

Сплошное траление представляет собой комплексную очистку всей акватории транзитного судового хода, за исключением глубоководных участков, где глубины в 1.5 раза превышают установленные нормативы. Данная процедура также обязательна для всех вспомогательных фарватеров, включая подходные пути к портовым сооружениям, зонам стоянки и ремонтным докам.

Локальное траление выполняется в межрегламентный период между плановыми сплошными работами. Оно сосредоточено на проблемных участках: перекатах, порожистых зонах, акваториях с активной береговой эрозией и районах с высокой вероятностью скопления донных отложений. Важно отметить, что обрабатываемая площадь строго соответствует ширине официально обозначенного фарватера.

Экстренное траление инициируется при обнаружении потенциально опасных подводных объектов или для ликвидации последствий аварийных ситуаций.

На водных путях с береговой маркировкой применяются особые нормативы:

- Для магистральных трасс I категории - утроенная ширина гарантированного фарватера
- Для путей II категории - удвоенная ширина
- Для второстепенных маршрутов III категории - увеличение в 1.5 раза

В условиях озерных водохранилищ зона обработки определяется по навигационным картам с обязательным 50-метровым запасом по обе стороны от обозначенного маршрута. При проведении аварийных работ в случае неподтвержденных данных о наличии препятствий используются следующие параметры:

- На перекатах - в границах официальной разметки
- Для I категории при отсутствии маркировки - тройной охват
- Для II категории - двойной охват
- Для III категории - полуторный охват

Планирование тральных операций осуществляется с учетом гидрографических характеристик водных путей. В начале навигационного периода выполняются стартовые работы, которые включают комплексную обработку основных судовых ходов (за исключением глубоководных плесовых участков). Эти мероприятия завершаются к моменту стабилизации паводковой обстановки. На реках, не подверженных паводкам, работы проводятся в течение 7-10 дней после завершения ледохода. Для водохранилищ установлен срок выполнения в первые 8-10 суток навигационного периода.

Принятие решений о необходимости повторного проведения тральных работ относится к компетенции территориальных органов водного транспорта - районных управлений водных путей и судоходства (РВПиС) и

управлений гидросооружений (РГСис). Эти организации также осуществляют согласование графиков работ для сезонных маршрутов, учитывая при этом запросы и пожелания судоходных компаний.

При организации локального траления учитываются специфические условия различных участков.

На перекатах с песчаным дном работы проводятся при достижении глубины, максимально приближенной к гарантированным показателям;

На каменистых участках периодичность проведения тральных операций определяется интенсивностью перемещения донных отложений под воздействием внешних факторов.

Современные требования к эксплуатации водных транспортных артерий выдвигают ряд важных задач:

- Совершенствование существующих технологий очистки донного рельефа;
- Внедрение инновационных методов и подходов к проведению тральных работ;
- Повышение показателей эффективности и безопасности судоходства.

Реализация указанных направлений развития позволит существенно оптимизировать ресурсные затраты, которые ежегодно направляются на поддержание судоходных путей в рабочем состоянии, соответствующем установленным требованиям и нормативам.

#### 1.1. Анализ оборудования, применяемого для производства тральных работ

В настоящее время на внутренних водных путях России используются различные конструкции тральных устройств, предназначенных для выполнения соответствующих операций.

В зависимости от принципа работы их классифицируют на две основные категории: гибкие (мягкие) тралы и системы жесткого типа (рис. 1.1.1).

Данное разделение позволяет эффективно подбирать оборудование в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

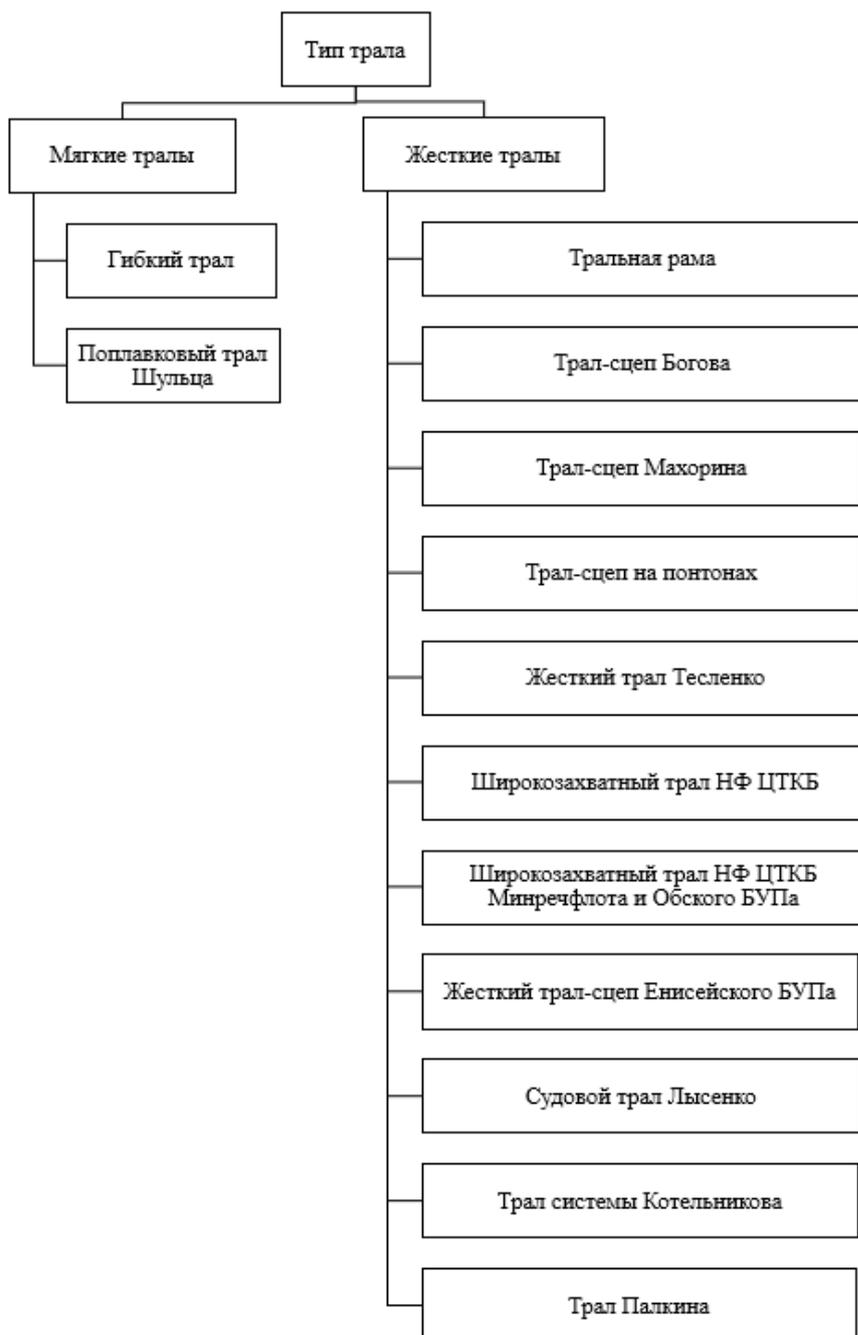


Рисунок 1.1.1 – Классификация тралов.

Гибкий трал (рис. 1.1.2) обычно изготавливается из металлического троса толщиной 10–12 мм, оснащенного утяжелителями. В некоторых модификациях дополнительно применяются поправки. В зависимости от условий траления длина конструкции может достигать до 200 метров. При такой протяженности ширина обрабатываемой зоны, как правило, составляет не более 150 метров.

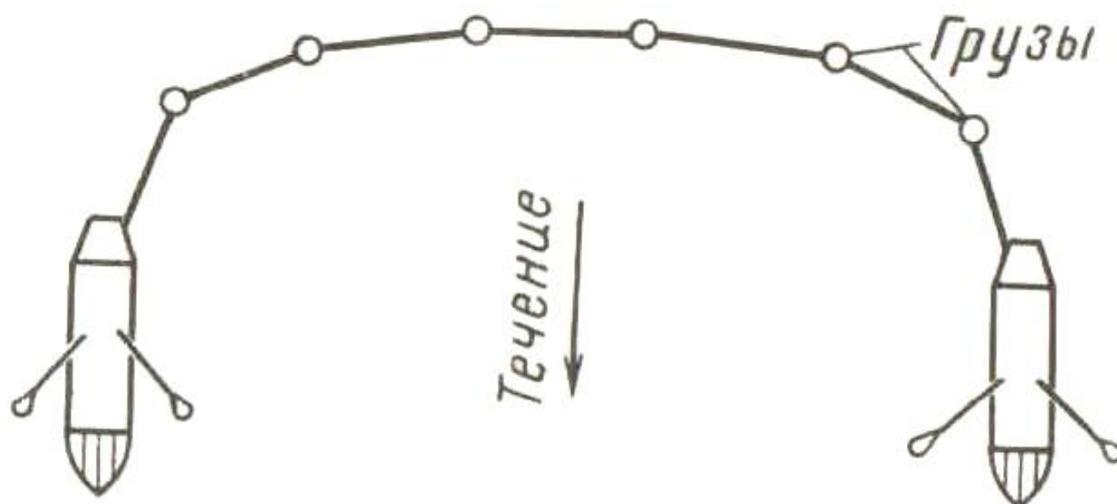


Рисунок 1.1.2 – Гибкий трал.

Гибкие тралы обладают рядом конструктивных недостатков, влияющих на их эффективность. Основные сложности возникают из-за провисания троса и образования значительной петли, что ухудшает маневренность и сокращает обрабатываемую зону за проход. Кроме того, подобные устройства склонны соскальзывать с округлых или частично зарытых в дно камней, что делает их малоприспособленными для работы на каменистых участках. Еще одной проблемой является пропуск топляков, особенно если один их конец зафиксирован в грунте, а другой направлен по движению.

Наиболее целесообразно использовать гибкие тралы для обнаружения отдельных объектов (якорей, лотов), а также для удаления карчей и пней. Однако они не обеспечивают точной регулировки глубины траления, что ограничивает их применение при обработке судоходных путей.

Поплавковый трал Шульца (рис. 1.1.3). Эта модификация оснащена стальным тросом, закрепленным на поплавках с изменяемым шагом. Для поддержания заданной глубины траления под каждым поплавком устанавливается балансирующий груз. Регулировка осуществляется за счет изменения длины крепежных поводков, что позволяет адаптировать систему под конкретные условия эксплуатации.

В рабочем режиме поплавокый трал буксируется самоходными судами. Основная область его применения – обследование судоходных гидротехнических сооружений (СХ) на озерах и водохранилищах, хотя возможно использование и на речных участках.

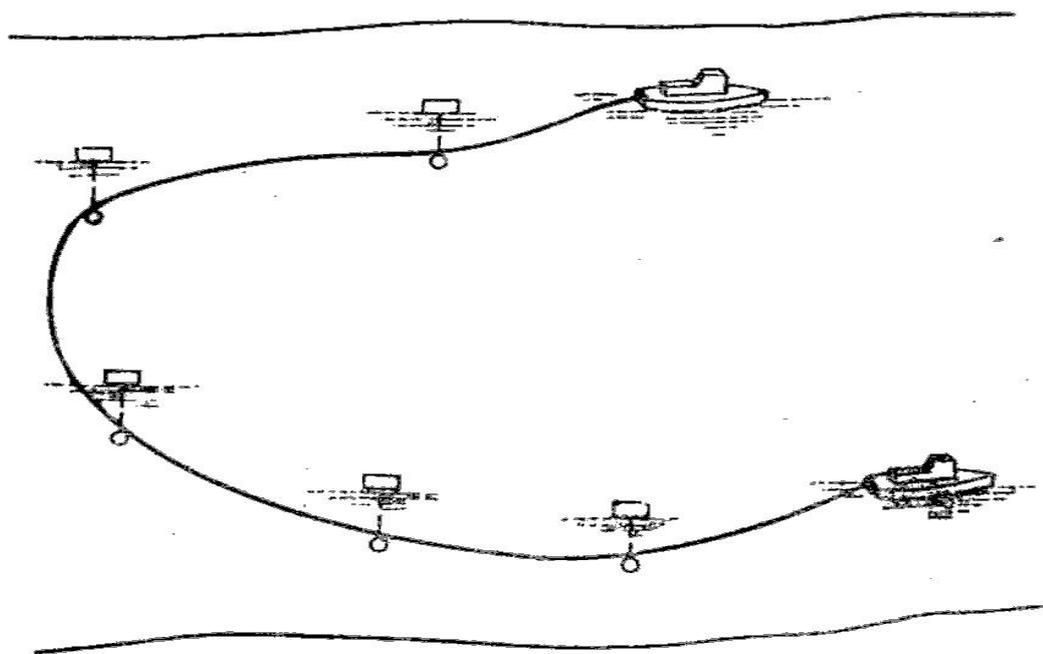


Рисунок 1.1.3 – Поплавковый трал Шульца.

Модернизированная версия гибкого трала, в отличие от классической конструкции, обеспечивает возможность настройки глубины траления. Тем не менее, её способность к обнаружению подводных объектов остаётся на относительно низком уровне.

Эксплуатационный потенциал данного оборудования существенно снижается из-за существующих технологических недочётов в методике проведения тральных работ. В частности, сохраняются проблемы с устойчивостью положения трала и точностью обработки донного рельефа.

Как показывают практические исследования и теоретические данные [3], жёсткие тралы демонстрируют более стабильные результаты при выявлении подводных препятствий. Наиболее простая разновидность таких систем - тральная рама (рис. 1.1.4). Её конструкция включает жёсткий тралящий элемент, который погружается на требуемую глубину посредством специальных штанг.

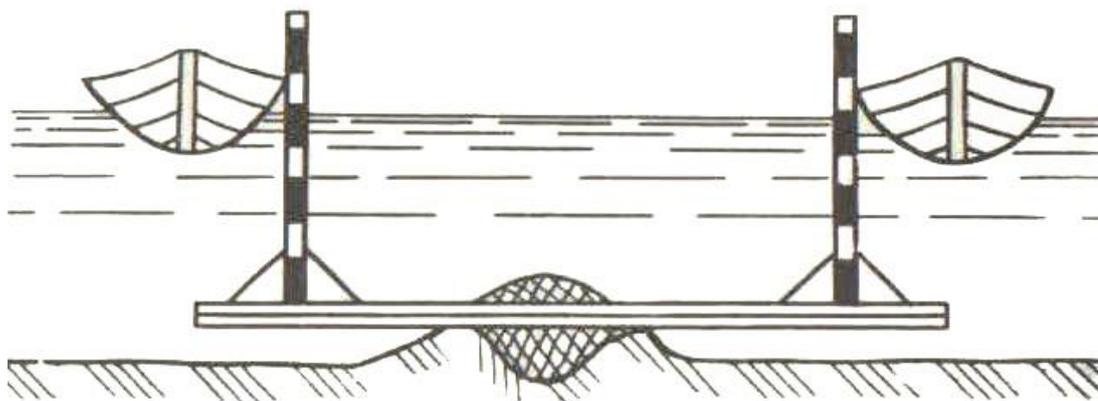


Рисунок 1.1.4 – Тральная рама.

Применение простейшей тральной рамы для очистки всего судового хода связано с рядом существенных проблем. Во-первых, процесс требует многократных заходов и всплытий, ориентируясь на береговые створы, что приводит к значительным затратам ручного труда. Во-вторых, даже при тщательном выполнении работ остаются необработанные участки, снижая эффективность траления.

Еще одной проблемой является снижение точности при наличии волнения на воде. В результате, несмотря на старательное проведение работ, нельзя быть полностью уверенным в отсутствии препятствий на судоходной

полосе. Из-за этих ограничений простейшие тральные рамы используются лишь в случаях, когда другие методы недоступны.

Трал Богowego (рис. 1.1.5) представляет собой эффективное решение для работы на речных акваториях с глубинами до 4 метров. Его принципиальным отличием является модульная конструкция, состоящая из жестких рамных звеньев. Количество этих элементов может изменяться в зависимости от необходимой ширины обрабатываемого судового хода, что обеспечивает гибкость в применении устройства.

Основу рабочей части конструкции составляет тралящий элемент, изготавливаемый из тонкостенной трубы или металлического уголка. Этот компонент крепится к несущим штангам с помощью шарнирного соединения, что придает системе необходимую подвижность и адаптивность. Для поддержания постоянной глубины траления используется поплавковая система на деревянной основе, обеспечивающая стабильность работы всего устройства.

Подобная инженерная реализация позволяет достигать высокой эффективности при проведении тральных операций на мелководных участках. Модульный принцип построения дает возможность оптимально настраивать оборудование под конкретные условия эксплуатации, что значительно расширяет область его применения. Сочетание жесткости конструкции с подвижностью элементов делает этот тип трала особенно востребованным при работе на сложных речных акваториях.

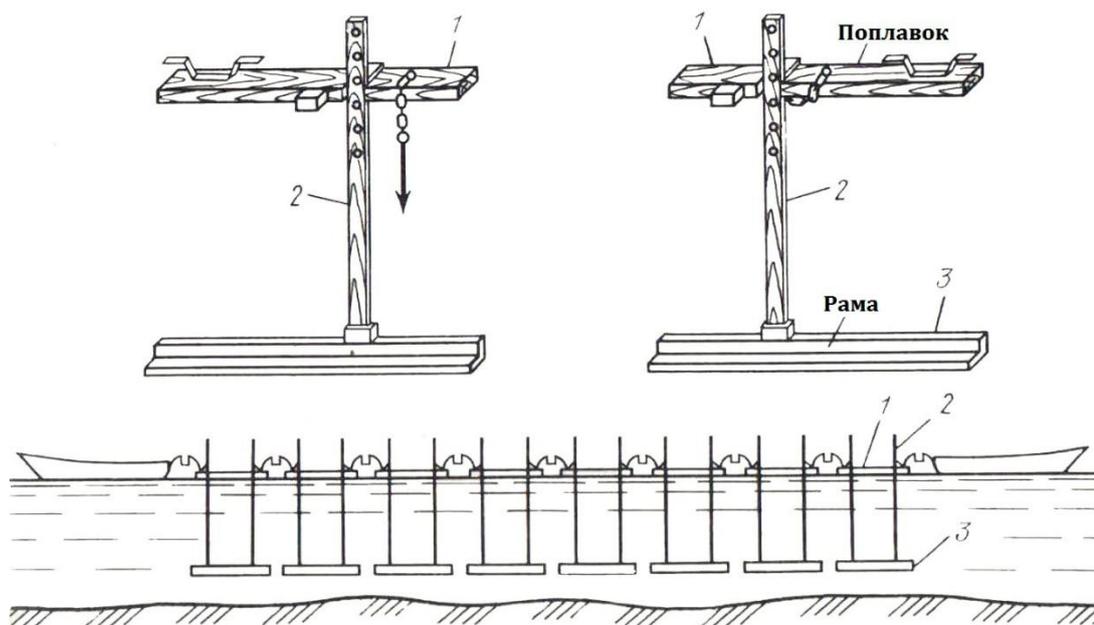


Рисунок 1.1.5 – Трал-сцеп Богова:

1 – поплавок; 2 – штанги; 3 – тралящая часть.

Хотя трал-сцеп данной конструкции позволяет минимизировать пропуски при тралении, он имеет ряд существенных ограничений. Главный недостаток – низкая точность фиксации мест обнаружения препятствий. Даже после их выявления поиск в районе сброшенного буйка часто требует значительных временных затрат, что снижает общую эффективность работы.

Альтернативное решение – трал-сцеп Махорина (рис. 1.1.6), состоящий из жестко соединенных стандартных тральных рам. Каждая рама крепится с помощью крючьев к плотику, который представляет собой конструкцию из двух прочно скрепленных бревен или брусьев. Такая система обеспечивает устойчивость и равномерное распределение нагрузки при тралении.

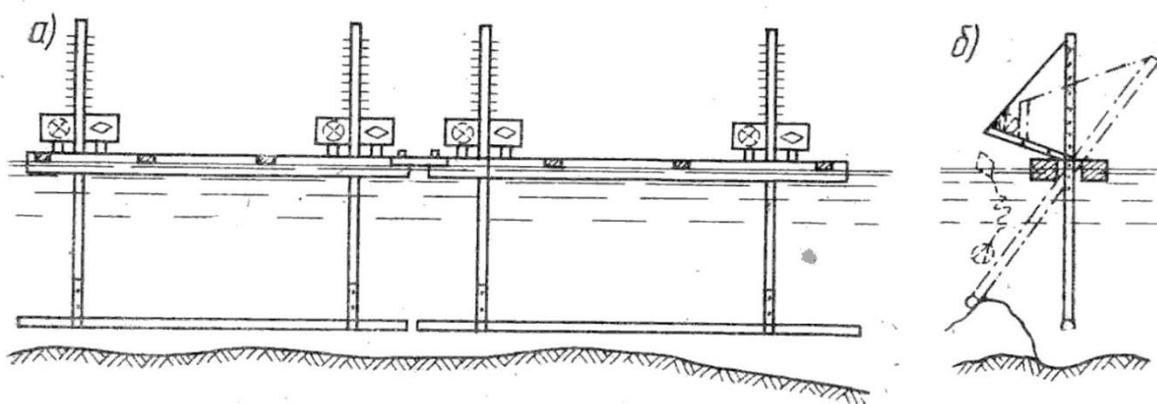


Рисунок 1.1.6 – Трал-сцеп Конструкции Махорина:

а – вид спереди; б – вид сбоку.

Главным минусом данной системы является несовершенство механизма сброса буйков. При обнаружении подводного препятствия процесс их установки оказывается недостаточно оперативным и точным, что снижает эффективность маркировки опасных участков. Этот конструктивный просчет приводит к дополнительным временным затратам при проведении тральных работ.

Более совершенной модификацией является трал-сцеп на понтонах (рис. 1.1.7). Его конструкция принципиально отличается от предыдущих моделей, но также включает автоматизированную систему сброса буйков. Такое решение позволяет оперативнее отмечать обнаруженные препятствия, повышая точность и скорость проведения траления.

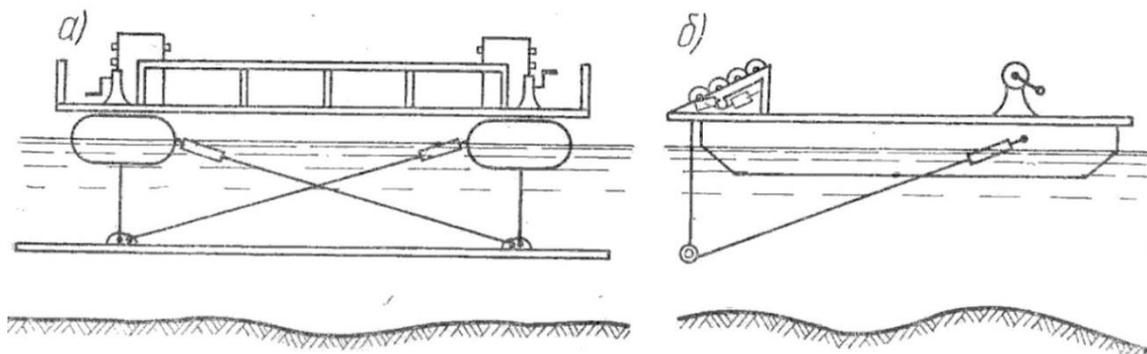


Рисунок 1.1.7 – Трал-сцеп на понтонах:

а – вид спереди; б – вид сбоку.

Конструкция тралящего устройства включает ригель из бетонированной металлической трубы, который подвешивается на системе тросов. Фиксация вертикального троса осуществляется посредством шарнирной чеки, оснащенной стопорным зубом и балансировочным грузом. Плавучие элементы размещаются на наклонной поверхности и фиксируются зубчатым механизмом.

Каждая секция трал-сцепы устанавливается на паре понтонов, в качестве которых чаще всего используются бочки от землесосных установок. Последовательное соединение таких модулей позволяет создать систему, охватывающую всю ширину фарватера.

К существенным эксплуатационным проблемам данной конструкции относится необходимость использования механических лебедок для заглубления рабочей части. Этот процесс требует приложения значительных физических усилий и участия 3-4 операторов, что снижает эффективность проведения работ.

Для обследования каменистых участков речного дна применяется жесткий трал Тесленко (рис. 1.1.8). Особенностью данной модификации является установка на двух парах поплавков, соединенных прочными рамами и оборудованных верхним деревянным настилом. Такое решение обеспечивает повышенную устойчивость при работе на сложных рельефах дна.

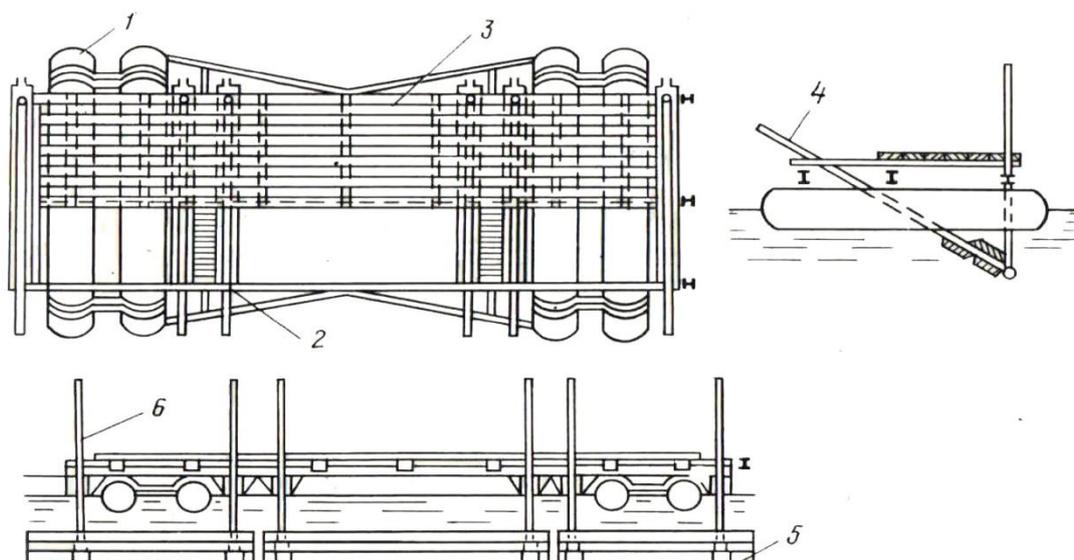


Рисунок 1.1.8 – Жесткий трал Тесленко:

- 1 – полавки; 2 – рамы; 3 – настил;  
 4 – тралящая часть; 5 – штанги; 6 – оттяжки.

В основе устройства лежит тяжеловесный тралящий элемент, выполненный из стальной трубы с бетонным сердечником. Данный утяжелитель крепится к тросовой подвеске, при этом вертикальный канат фиксируется при помощи шарнирного замка с предохранительным механизмом и компенсирующим грузом. Плавающие модули устанавливаются на наклонной плоскости, где надежно закрепляются стопорным устройством.

Отдельные секции тралового оборудования монтируются на спаренных плавучих опорах, где в большинстве случаев применяются переработанные ёмкости от земснарядов. Соединение нескольких таких модульных блоков позволяет формировать комплексную систему, способную полностью перекрывать судоходный фарватер по всей его ширине.

К существенным технологическим недостаткам относится применение ручных лебедочных механизмов для регулирования глубины погружения рабочего органа. Данная процедура отличается высокой трудоемкостью и требует привлечения 3-4 операторов, что негативно сказывается на общей производительности процесса.

При обследовании участков с каменистым дном используется усовершенствованная модель трала Тесленко (рис. 1.1.9). Особенностью данной конструкции является использование четырех плавучих элементов, попарно соединенных усиленными металлоконструкциями. Дополнительную прочность системе придает верхняя деревянная платформа, гарантирующая стабильность работы при прохождении сложных донных участков.

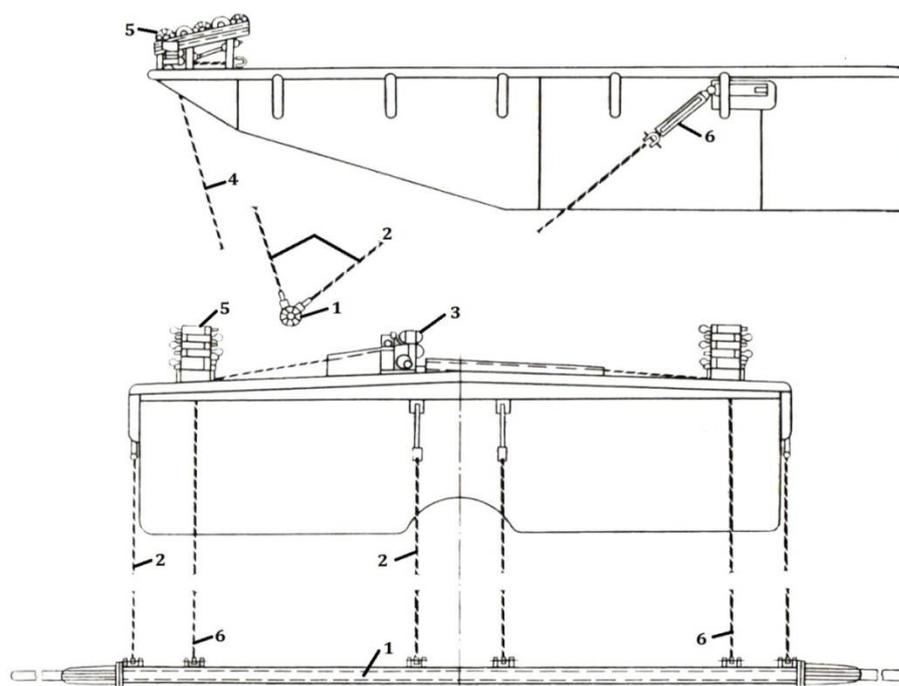


Рисунок 1.1.9 – Широкозахватный трал НФ ЦТКБ:

- 1 – тралящая часть; 2 – тяговые тросы; 3 – лебедка; 4 – сигнальный трос;  
5 – автоматическое устройство сброса буйков; 6 – амортизаторы.

Центральным компонентом устройства служит стальная труба длиной 15,5 метров со стандартным сечением 190 мм. Тралящий элемент крепится к судну с помощью четырех несущих канатов, образующих устойчивую подвесную конструкцию. Для предотвращения повреждений при контакте с подводными объектами в систему интегрированы демпфирующие элементы, поглощающие динамические нагрузки.

Изменение положения рабочего органа производится судовым лебедочным механизмом, контролирующим силу натяжения основных

канатов. Дополнительно в состав оборудования входят два контрольных троса, связанных с тралящей конструкцией. Эти элементы проходят через систему направляющих роликов и соединены с автоматическим буйко-сбрасывающим механизмом (рис. 1.1.10), предназначенным для оперативного обозначения найденных подводных объектов.

Такая конструкция позволяет эффективно контролировать процесс траления и своевременно фиксировать опасные участки дна.

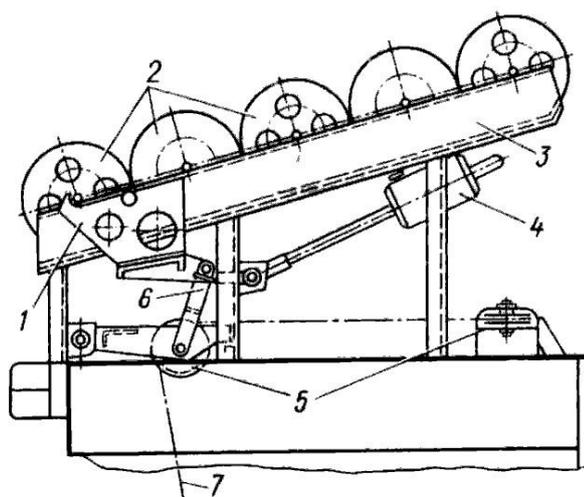


Рисунок 1.1.10 – Устройство автоматического сбрасывания буйков широкозахватного трала НФ ЦТКБ:

1 – стопор с крюком; 2 – буйки; 3 – наклонная площадка; 4 – противовес;  
5 – блоки; 6 – тяга; 7 – сигнальный трос.

Конструкция включает наклонную платформу, предназначенную для размещения буйков. Предотвращение самопроизвольного скатывания обеспечивается специальным стопорным механизмом с крюковым фиксатором. Данное решение позволяет оперативно маркировать обнаруженные подводные препятствия во время траления.

Разработанная Новосибирским филиалом ЦТКБ Минречфлота совместно с Обским бассейновым управлением пути конструкция (рис. 1.1.11) представляет собой современное решение для дноочистительных работ. Трал отличается модульным принципом построения:

1. Каждая самостоятельная секция устанавливается на отдельном понтоне
2. Перемещение системы осуществляется теплоходом-толкачом
3. Глубина эффективного траления достигает 4 метров
4. Рабочая ширина одной секции составляет 15 метров

Конструкция предусматривает возможность объединения секций:

- Двухсекционная модификация (30 м зона охвата)
- Трехсекционный вариант (45 м зона траления)

Соединение понтонов выполняется при помощи бортовых автосцепных устройств, обеспечивающих жесткую фиксацию. К основным эксплуатационным ограничениям относится необходимость использования специализированной техники для полноценного функционирования системы, что может усложнять организацию тральных работ.

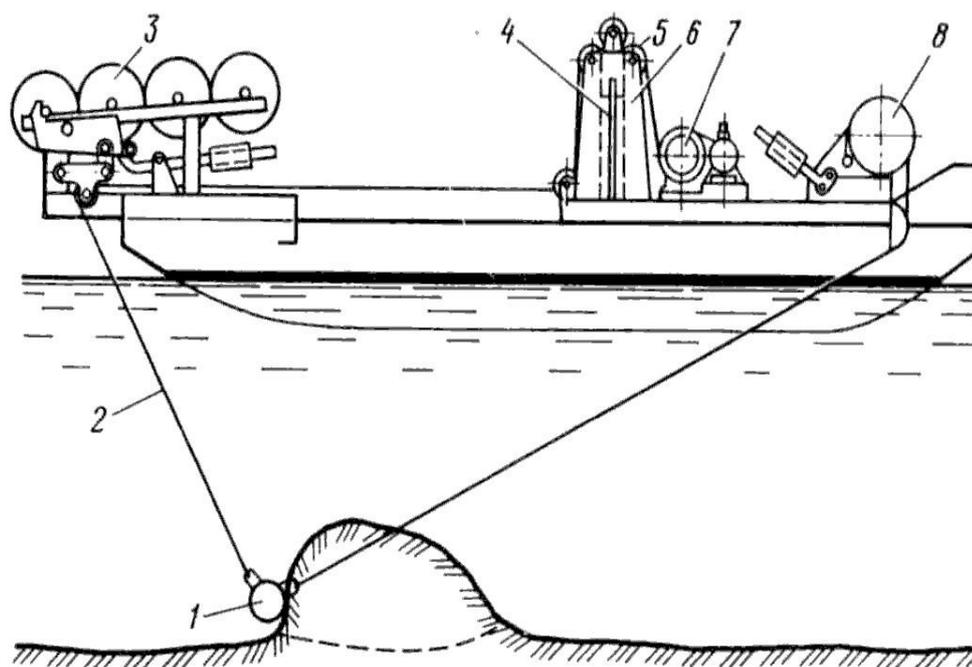


Рисунок 1.1.11 – Широкозахватный трал Новосибирского филиала ЦТКБ Минречфлота и Обского бассейнового управления пути:

1–тралящая часть; 2 – подъемно-сигнальный трос; 3 – автоматическое устройство для сброса буйков; 4 – шкала указателя препятствия; 5 – блоки указателя; 6 – корпус указателя; 7 – лебедка; 8 – фрикционные барабаны.

Испытания описанного трала в условиях реки Оби подтвердили его удовлетворительные рабочие характеристики. При использовании односекционной конструкции производительность составляет 0,1 км<sup>2</sup>/ч. Увеличение количества секций (двух- или трехсекционные варианты) приводит к пропорциональному росту эффективности.

Конструкция, разработанная Новосибирским филиалом ЦТКБ Минречфлота и Обским бассейновым управлением пути, обладает рядом ограничений. Главный минус – малая глубина траления (до 4 м), что делает его непригодным для работы в глубоководных зонах, включая водохранилища и приглубые участки. Как видно из особенностей конструкции, трал ориентирован на высокопроизводительную работу на мелководье.

Была разработана и реализована альтернативная конструкция – жесткий трал-сцеп (рис. 1.1.12), созданный Енисейским бассейновым управлением пути. Основой для его монтажа послужил тримаран.

Центральным элементом корабля служит сквозная главная палуба, соединяющая все корпусные секции и одновременно выполняющая функции операционной площадки для технического оснащения. На её поверхности установлены четыре электролебедки, предназначенные для маневрирования траловым оборудованием.

Рабочий элемент выполнен в виде жёсткой конструкции из двух параллельных труб с бетонным наполнением, которые подвешены на системе стальных канатов. Управление канатной системой осуществляется посредством комплекса направляющих блоков и специальных киповых устройств.

Электролебедочные механизмы обладают возможностью питания как от бортовой сети толкача, так и от отдельного генератора, смонтированного непосредственно на палубе. Перемещение траловой системы между рабочими участками и в процессе выполнения операций обеспечивается силовой установкой буксирного теплохода.

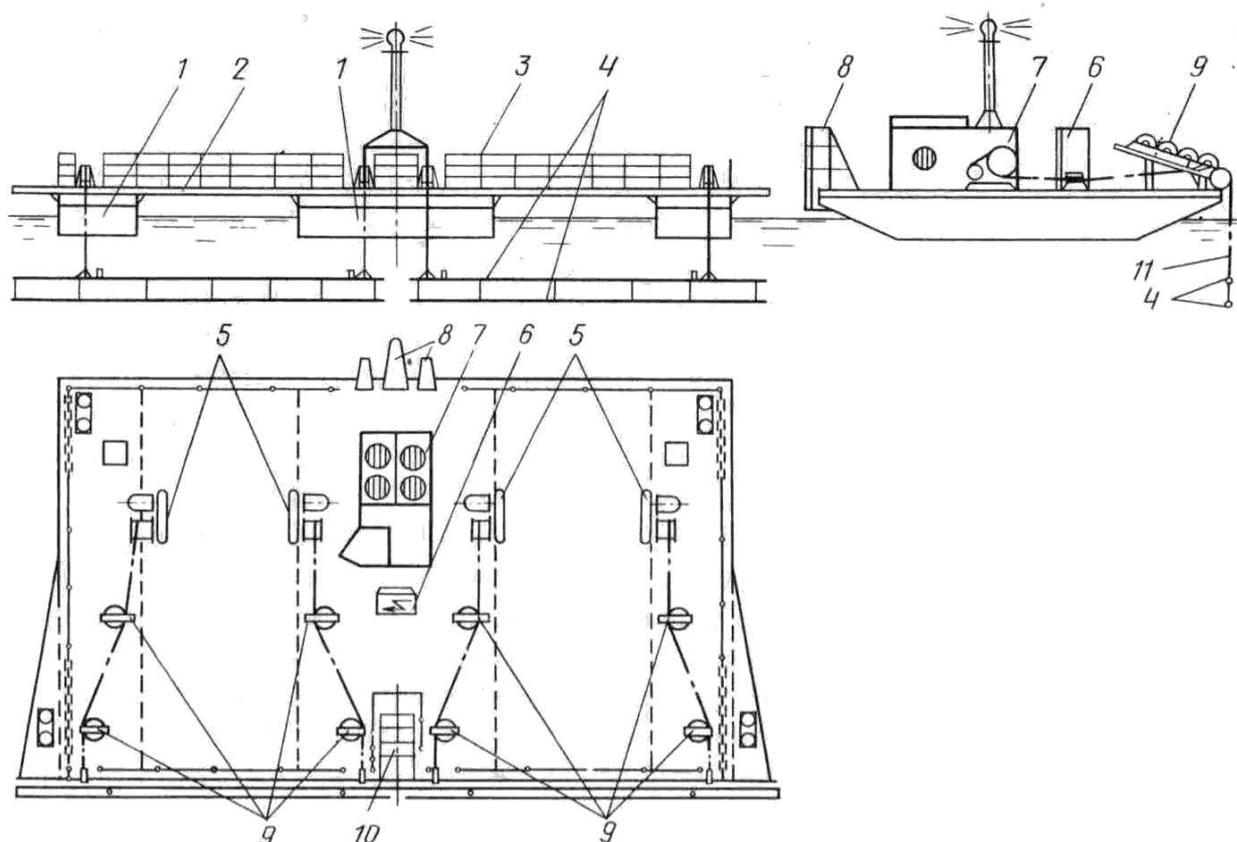


Рисунок 1.1.12 – Жесткий трал-цепь Енисейского бассейнового управления пути: 1 – корпуса тримарана; 2 – палуба - рабочая площадка; 3 – леерное ограждение; 4 – тралящая часть; 5 – лебедка подъема тралящей части; 6 – пульт управления; 7 – дизель-генератор; 8 – упоры для теплохода-толкача; 9 – блоки тросовой системы подъема тралящей части; 10 – устройство для сбрасывания буйков; 11 – подъемный трос.

Главным ограничением жесткого трал-цепя Енисейского бассейнового управления пути является его зависимость от теплохода-толкача – проведение тральных работ возможно только с его участием. Это снижает мобильность и усложняет эксплуатацию в условиях, где использование толкача затруднено.

Для повышения гибкости тральных работ обстановочные теплоходы могут быть оснащены простым судовым тралом типа Лысенко (рис. 1.1.13). Эта конструкция проще в управлении и не требует

обязательного применения толкача, что делает её более универсальной для различных условий эксплуатации.

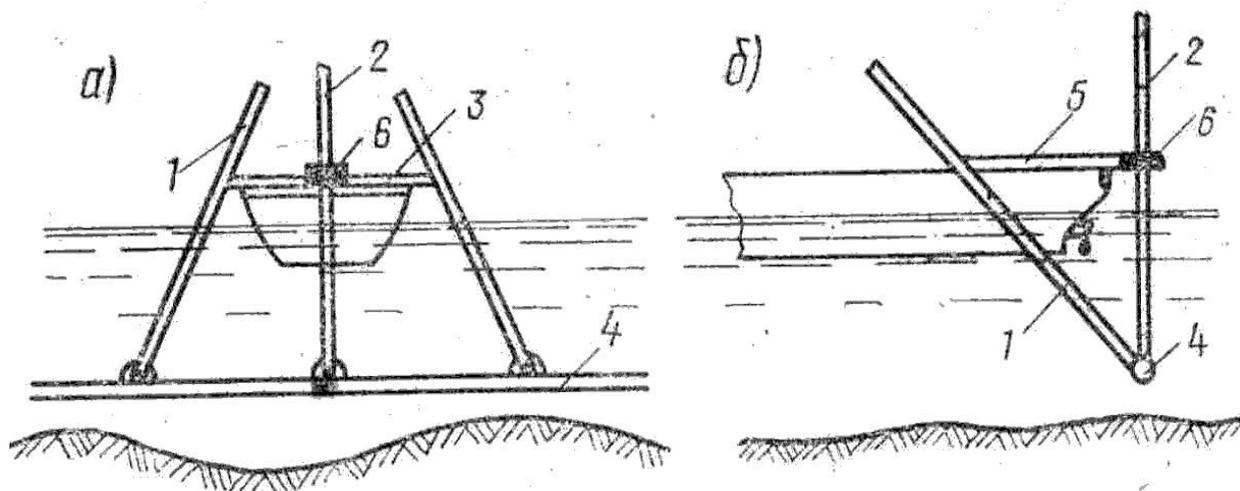


Рисунок 1.1.13 – Судовой трал типа Лысенко:

а – вид спереди; б – вид сбоку;

1 – боковые штанги; 2 – средняя штанга; 3 – поперечина;

4 – тралящий ригель; 5 – планка; 6 – кольцо.

Монтаж данного типа тралового оборудования предполагает установку в кормовой части плавсредства специальной несущей балки. Конструктивно эта балка может быть изготовлена из различных материалов: деревянного массива, стального профиля или металлического уголка. При монтаже важно обеспечить строгое перпендикулярное положение относительно продольной оси судна.

На обоих концах поперечной балки через шарнирные узлы крепятся две подвижные стойки, обеспечивающие необходимую степень свободы всей системе. Центральная часть конструкции дополнена направляющим элементом, оснащенный поворотным механизмом с металлической петлей на конце. К нижним участкам стоек шарнирным способом присоединяется рабочий ригель.

Отличительной чертой данной конструкции является наличие измерительной шкалы на центральных участках стоек, которые проходят через направляющую петлю. Такое техническое решение обеспечивает точную настройку глубины погружения тралового оборудования, позволяя оперативно адаптировать систему под конкретные условия работы.

Простота устройства имеет обратную сторону:

- недостаточная жесткость всей системы при эксплуатации;
- трудоемкий процесс установки, требующий существенных физических затрат.

Эти факторы снижают эффективность применения данного типа трала в сложных условиях.

Для работ на внутренних водоемах (озерах и водохранилищах) более эффективным решением является трал системы Котельникова (рис. 1.1.14). Его собирают непосредственно на специализированном судне, используя прочные стальные трубы:

- диаметр 50 мм;
- толщина стенок 5-6 мм.

Такая конструкция обеспечивает необходимую надежность и устойчивость при выполнении тральных операций.

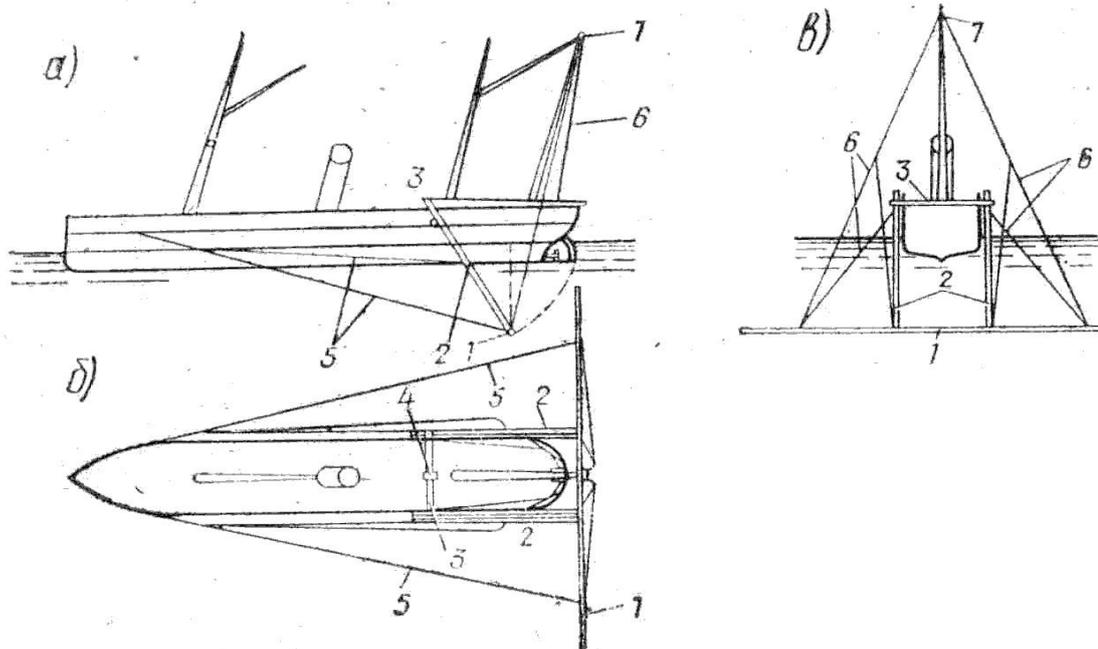


Рисунок 1.1.14 – Трал системы Котельникова:

а – вид сбоку; б – вид сверху; в – вид сзади;

1 – тралящий ригель; 2 – трубчатые связи; 3 – балка; 4 – подшипник балки; 5 – тросы оттяжки; 6 – топенанты; 7 – ролики для подъема трала.

Трал данной системы включает 18-метровый горизонтальный ригель, который через жесткие трубные соединения крепится к 4,5-метровой балке на судне. Балка, установленная на подшипнике специальной катушки, обеспечивает вращательное движение при изменении положения ригеля. Глубина траления контролируется при помощи градуированного сектора, фиксирующего угол наклона несущих труб. Для усиления конструкции ригель дополнительно фиксируется носовыми стальными тросами, оснащенными разгибающимися крюками - такая система предохраняет трал от повреждений при столкновении с подводными препятствиями. Подъем устройства осуществляется лебедочным механизмом с двумя операторами через систему роликов на стреле, соединенной с судовой мачтой.

Несмотря на сложность конструкции и необходимость привлечения дополнительного персонала, трал Котельникова демонстрирует высокую эффективность благодаря значительной скорости траления и автономности при перемещении между рабочими участками. Эти преимущества компенсируют повышенные требования к обслуживанию системы.

Конструкция трала Палкина (рис. 1.1.15) разработана для работы в ледовых условиях и включает вертикальную деревянную штангу, усиленную треногой. Система комплектуется тремя обоймами и тралящим элементом, изготовленным из уголкового профиля, что обеспечивает надежность при выполнении зимних тральных операций на замерзших акваториях.

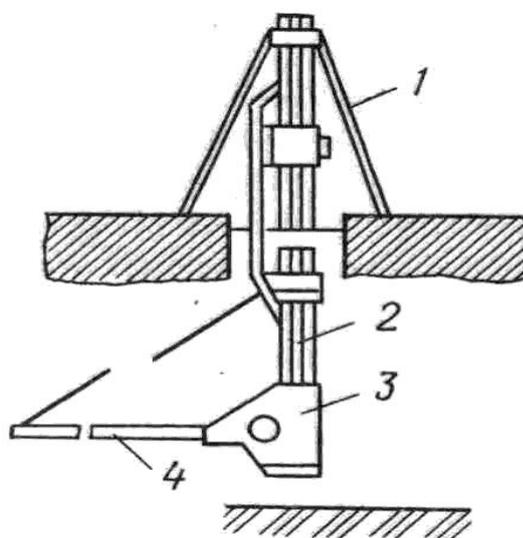


Рисунок 1.1.15 – Трал Палкина:

- 1 – тренога; 2 – штанга;
- 3 – обоймы; 4 – тралящая часть.

Несмотря на специализированную конструкцию для зимних условий, трал Палкина не получил широкого распространения на практике. Основная причина заключается в недостаточной востребованности тральных работ в ледовый период, что делает применение данного оборудования экономически нецелесообразным в большинстве случаев.

Рассмотренные конструкции тралов демонстрируют широкие возможности для решения различных задач по очистке акваторий. Однако на внутренних водных путях России операторы отдают явное предпочтение жестким тральным системам, которые доказали свою эффективность в условиях российских водных артерий. Важно отметить, что все представленные модели тралов обладают значительным модернизационным потенциалом и могут быть адаптированы под специфические особенности конкретных водных путей.

Учитывая региональные особенности эксплуатации водных путей, представляется необходимым провести комплексный анализ используемого трального оборудования в различных бассейновых администрациях. Такой анализ позволит выявить оптимальные конструктивные решения и разработать рекомендации по совершенствованию тральных систем с учетом местных условий эксплуатации и современных технологических возможностей.

#### **Тральное оборудование ФБУ «Азово-Донская бассейновая администрация»**

Специализированная тральная бригада выполняет работы с применением теплохода проекта Р-457. В процессе задействуются два типа тралов:

- Мягкий трал, требующий привлечения дополнительного судна;
- Жесткий рамочный трал, разработанный силами самой администрации.
- 

#### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация Байкало-Ангарского бассейна»**

Для тральных работ используются обстановочные теплоходы, оснащенные эхолотом GARMIN. Основные инструменты:

- Жесткий трал конструкции Богова;
- Наметка – для дополнительного контроля и очистки акватории.

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация «Беломорканал»**

Здесь применяется трехсекционный широкозахватный трал (проект № 42800), разработанный конструкторским бюро УВБВП. Его конструкция обеспечивает эффективное обследование дна на больших площадях.

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация «Волго-Балт»**

Тральные работы на внутренних водных путях выполняют обстановочные бригады с использованием полужестких понтонных тралов.

- Тралящая часть выполнена из стальной трубы ( $\varnothing$  159 мм, длина 15 м);
- Позиционирование осуществляется через судовые обстановочные комплексы (СОК), что повышает точность работ.

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация Волжского бассейна»**

Основным инструментом для тральных работ здесь служит гидролокатор бокового обзора SportScan производства НПП «Форт 21». Это современное оборудование позволяет проводить высокоточное обследование дна без необходимости использования традиционных тралов.

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация «Камводпуть»**

В Камском бассейне применяется широкий спектр тральных технологий, включая:

- Жесткие тральные рамы и их счалы;
- Тралы с подвесной тралящей частью;
- Полужесткие поплавковые тралы (стальной трос с поплавками);
- Мягкие тралы.

Для повышения эффективности работ используется автоматизированный промерный комплекс с гидролокатором бокового обзора, что значительно улучшает качество и скорость выполнения задач.

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация Ленского бассейна»**

Траление здесь осуществляется с применением:

- Сцепов тральных рам конструкции Богова (длиной 70–100 м);
- Жесткого судового трала (длина 10 м), устанавливаемого на обстановочные суда.

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация «Обь-Иртышводпуть»**

В работе задействованы:

- Жесткая тральная рама;
- Мягкий трал;
- Гидролокатор бокового обзора SportScan, обеспечивающий детальный мониторинг дна.

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация Обского БВП»**

Здесь используется разнообразное тральное оснащение, в том числе:

- Мягкий трал (длина до 150 м,  $\varnothing$  18 мм);
- Трал-труба (металлическая труба, опускаемая с борта судна);
- Жесткая тральная рама (ширина 5–15 м);
- Многосекционный широкозахватный трал (разработка Новосибирского филиала ЦТКБ, ширина траления 15,5–18 м).

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация «Печораводпуть»**

Для обследования фарватера администрация использует специализированные суда проектов 391А и 391Б, оснащенные:

- Жесткими судовыми тралами собственной конструкции (ширина захвата 9 м);
- Гидролокатором бокового обзора «SharkSport-Scan 2f» – применяется при высоких уровнях воды для сплошного траления.

Этот комплекс оборудования позволяет эффективно контролировать состояние дна в различных гидрологических условиях.

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация «Севводпуть»**

В арсенале администрации – несколько специализированных тральных комплексов, адаптированных под разные типы судов:

- Широкозахватный секционный трал (разработка КБ «Северо-Двинского ГУВПиС») – используется с теплоходом проекта 911 для сплошного и местного траления.
- Откидной трал (разработка того же КБ) – применяется с судами проекта 457 для точечного траления силами обстановочных бригад.
- Жесткий трал на барже-приставке – работает в паре с теплоходами проекта 391 (391-А, 391-Б) для локального обследования дна.
- 

### **Тральное оборудование ФБУ «Администрация «Амурводпуть»**

Ежегодный объем тральных работ в Амурском бассейне составляет 225-270 кв. км, распределяясь между:

- Жестким тралением (38-39% работ);
- Мягким тралением (61-62% работ).
- В эксплуатации находятся:
- Мягкие тралы стандартной конструкции;
- Поплавковые тралы Богова (ширина захвата до 70 м);
- Секционные тралы-цепы на понтонах (до 25 м);
- Тралы системы Котельникова (на теплоходах проекта 101Б, ширина 12 м);
- 3 автоматизированных промерных комплекса (АПК) от ЗАО «Транзас» с гидролокаторами SportSkan 2f.

Сводная информация об использовании трального оборудования в администрациях бассейнов ВВП представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1.1 - Основные виды трального оборудования, применяемого в администрациях бассейнов ВВП

№ п/п	Администрация бассейна	Мягкий трал	Жесткий трал	Дополнительное оборудование
1.	ФБУ «Азово-Донская бассейновая администрация»	мягкий трал	жесткий рамочный трал	
2.	ФБУ «Администрация Байкало-Ангарского бассейна»		трал конструкции Богова	НАП GARMIN
3.	ФБУ «Администрация «Беломорканал»»		трехсекционный широкозахватный трал проекта № 42800, разработки КБ УВБВП	
4.	ФБУ «Администрация Ленского бассейна»		сцепы тральных рам конструкции Богова;судовой жесткий трал шириной 10 м	
5.	ФБУ «Администрация «Обь-Иртышводпуть»»	мягкий трал	жесткая тральная рама	ГБО «SportScan»
6.	ФБУ «Администрация «Печораводпуть»		жесткие судовые тралы собственной конструкции с шириной захвата тральной рамы 9 м.	ГБО«SharkSport-Scan 2f»
7.	ФБУ «Администрация «Волго-Балт»		полужесткие понтонные тралы	
8.	ФБУ «Администрация Волжского бассейна»			ГБО(SportScan2f),НПП «Форт 21»
9.	ФБУ «Администрация «Камводпуть»	мягкие тралы	жесткие тральные рамы, счалы тральных рам, тралы с подвесной тралящей частью, полужесткие	ГБО

			поплавковые тралы с тралящей частью из стального троса, поддерживаемого поплавками	
10.	ФБУ «Администрация Обского БВП»	мягкий трал длиной до 150 м и Ø 18 мм, трал-труба (металлическая труба, опускаемая на веревке с борта судна)	жесткая тральная рама шириной 5-15 м, многосекционный широкозахватный трал Новосибирского филиала ЦТКБ, ширина траления 15,5-18 м	
11	ФБУ «Администрация «Севводпуть»	откидной трал разработки КБ «Северо-Двинского ГУВПиС»	широкозахватный секционный трал разработки КБ «Северо-Двинского ГУВПиС» и жесткий трал на барже приставке разработки КБ «Северо-Двинского ГУВПиС»	
12	ФБУ «Администрация «Амурводпуть»	мягкий трал	поплавковый трал системы Богова с шириной захвата 70м, секционный трал сцеп на понтонах с шириной захвата 25м, трал системы Котельникова с размещением тралящего ригеля в носовой части теплохода проекта т-101Б с шириной захвата 12 м	3 комплекта АПК с ГБО (SportScan 2f) не используются в связи с проблемами в программном обеспечении
13	ФБУ «Администрация «Волго-Дон»	нет данных	нет данных	нет данных
14	ФБУ «Администрация «Енисейречтранс»	нет данных	нет данных	нет данных
15	ФГУП «Канал имени Москвы»	нет данных	нет данных	нет данных

## 1.2. Анализ используемых в настоящее время методик проведения тральных работ

Комплексное обследование судоходных маршрутов осуществляется по всей протяженности фарватера. На речных и канальных участках работы сосредотачиваются в пределах судоходной полосы, тогда как на крупных водоемах - по установленным судовым ходам. Обследованию подлежат зоны, где при минимальном уровне воды глубина сокращается до 1,5-кратной осадки максимальных по габаритам судов, курсирующих на данной акватории.

Выполнение тральных операций поручается специализированным командам, действующим согласно заранее разработанному плану-графику. Документация составляется руководителем путевых работ. Каждая группа оснащается:

- Самоходным плавсредством (90-150 л.с.)
- Комплектом тралового оборудования различных модификаций
- Штатом из 3-6 специалистов (в зависимости от сложности условий и используемой техники)

Для песчаного донного рельефа оптимально применение:

- Гибких траловых систем
- Механизированных жестких конструкций

На каменистых участках преимущественно используются:

- Жесткие траловые устройства
- Специализированные системы повышенной прочности

Состав бригады варьируется от 3 до 6 человек в зависимости от сложности условий и применяемого оборудования. При необходимости к работам могут привлекаться обстановочные бригады, отвечающие за данный участок.

Руководит Работы возглавляются прорабом или его помощником. Глубина траления определяется исходя из текущих задач и уровня воды:

- В период высокой воды учитывается прогнозируемое снижение уровня.
- В меженный период на плесах глубина устанавливается как сумма гарантированной глубины, превышения рабочего уровня над проектным и дополнительным запасом (10–20 см).
- На перекатах за основу берется транзитная глубина.

Между сеансами сплошного траления обстановочные бригады проводят местное траление — удаление камней и других препятствий вблизи судового хода, представляющих угрозу судоходству. Глубина работ в этом случае определяется путевым мастером и обычно соответствует глубине переката.

Если обнаруженное препятствие невозможно устранить силами бригады, его маркируют навигационными знаками, а данные передают в соответствующие службы (РВПиС, РГСис). Окончательная очистка фарватера выполняется дноочистительными снарядами.

Аварийное траление -этот вид работ проводится при потере якорей или других объектов, создающих непосредственную опасность для судоходства, а также для точного определения местоположения затонувших ценностей.

К аварийному тралению привлекаются:

- Обстановочные бригады.
- Экипажи ближайших судов технического флота.
- В отдельных случаях — члены изыскательских партий.

Организацию осуществляет путевой мастер ответственного участка. Для повышения эффективности рекомендуется участие представителя судна, потерявшего груз.

Объем выполненных тральных операций измеряется в квадратных километрах обследованной акватории. Данный показатель отражает общую площадь донной поверхности, подвергнутой обработке тральными устройствами.

Перед началом операций руководитель работ оформляет наряд-задание в трех идентичных экземплярах:

1. Контрольный экземпляр остается у производителя работ
2. Оперативный экземпляр передается в службу РВПиС/РГСиС вместе с актом выполненных работ
3. Исполнительный экземпляр хранится у бригадира для ведения текущей отчетности

После завершения тральных операций бригадир обязан оформить акт выполненных работ (образец документа представлен на рисунке 1.2.1). В данном документе указываются:

- Площадь обработанного участка
- Характеристики использованного оборудования
- Особенности выполнения работ
- Зафиксированные результаты обследования донной поверхности

**АКТ**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Мы, нижеподписавшиеся \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

составили настоящий акт в том, что « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г. произведено траление лимитирующего участка \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

в пределах полосы судового хода \_\_\_\_\_.

Траление произведено тралом шириной рамы \_\_\_\_\_ м.

На глубину \_\_\_\_\_ см от рабочего уровня \_\_\_\_\_ см (абс.).

Сдано выездов \_\_\_\_\_ шт. при длине галса \_\_\_\_\_ м.

Площадь траления \_\_\_\_\_ км<sup>2</sup>.

В результате траления установлены габариты:

Глубина \_\_\_\_\_ см, ширина \_\_\_\_\_ м от рабочего уровня \_\_\_\_\_ см (абс.)

по \_\_\_\_\_ водному посту.

Обнаруженные при тралении препятствия:

Удалены \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Подписи: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Рисунок 1.2.1 – Пример акта о выполненном тралении

Бригадир тральной бригады обязан ежедневно фиксировать в рабочем журнале все выполненные работы. В записях отражаются пройденные участки, использованное оборудование и выявленные препятствия.

Контроль качества траления осуществляет путевой мастер, ответственный за участок, на котором проводились работы. По результатам проверки составляется акт приемки, включающий:

- Площадь протраленной территории;
- Тип применявшегося трала;
- Количество обнаруженных и извлеченных препятствий.

(Пример оформления акта представлен на рисунке 1.2.2)

Документ составляется в трех экземплярах: передается путевому мастеру, принимавшему работы; направляется в РВПиС и РГСиС вместе с наряд-заданием; остается у тральной бригады для внутреннего учета.

Если работы выполнялись обстановочной бригадой, их учет ведется путевым мастером. В документации фиксируются обработанные участки и устраненные препятствия.

## АКТ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Мы, нижеподписавшиеся представители РВП, РГС

и представители «ЗАКАЗЧИКА» \_\_\_\_\_

составили настоящий акт в том, что \_\_\_\_\_

произведено траление жёстким тралом за т/х \_\_\_\_\_

акватории (участка судового хода) \_\_\_\_\_

Результаты траления:

Все глубины приведены к \_\_\_\_\_

по водному посту \_\_\_\_\_

Площадь траления \_\_\_\_\_

Продолжительность работы тральной бригады \_\_\_\_\_ часов.

Подписи:

«ПОДРЯДЧИК»

«ЗАКАЗЧИК»

Рисунок 1.2.2 –Примерная форма акта приемки тральных работ.

В документ вносятся результаты каждого траления. Указываются дата, количество и типы обнаруженных объектов, их координаты, а также принятые меры по ограждению или устранению.

При выполнении таких работ составляется акт. В нем фиксируются:

- причина проведения операций,
- объем выполненных работ,
- итоговые результаты.

Документ подписывают:

- путевой мастер,
- бригадир тральной бригады,
- другие участники процесса.

Если работы проводятся в зоне портов, затонов или причалов, в акте дополнительно указывают:

- объем выполненных работ,
- достигнутую глубину,
- полученные результаты.

В этом случае акт оформляется в четырех экземплярах:

- один – для владельца объекта,
- два – в РВПиС и РГСиС,
- четвертый – остается у бригады, выполнявшей траление.

Хотя мягкие и жесткие тралы предназначены для решения схожих задач, методы их применения существенно различаются. Это обусловлено принципиальными конструктивными особенностями данных типов тралов.

Гибкий трал закрепляется между двумя самоходными плавсредствами. В зависимости от условий могут использоваться суда, катера или даже гребные лодки. Например, при движении против течения реки оптимальным выбором станут катера, а при тралении по течению удобнее применять лодки.

Тральный галс — это участок пути, пройденный тралом по прямой линии в одном направлении. Протраленная полоса представляет собой обследованную за один галс площадь. Если ширина акватории превышает охват трала, работу ведут параллельными галсами (рис. 1.2.3), обеспечивая перекрытие между соседними полосами для полного контроля дна.

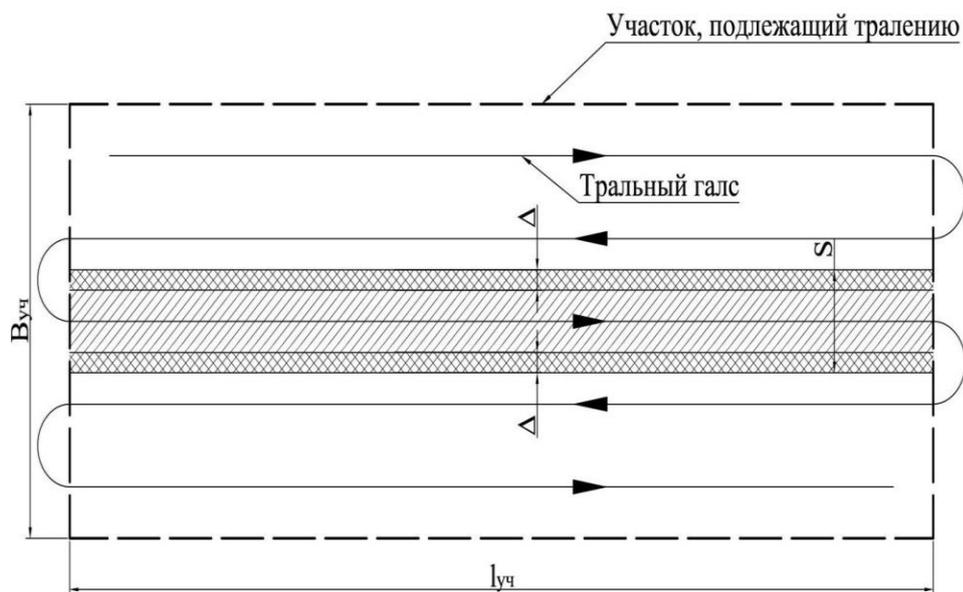


Рисунок 1.2.3 –Траление параллельными галсами:

$\Delta$  – величина перекрытия протраленных полос;

$S$  – ширина, захватываемая тралом.

Данный метод исключает пропуск участков на обследуемой акватории. При использовании гибкого трала соседние галсы перекрываются на половину ширины протраленной полосы, что объясняет относительно невысокую производительность этого способа. Границы галсов обозначают вехами или буйками, устанавливаемыми по краям обработанной зоны.

В процессе работы суда двигаются вдоль границ протраливаемого участка, протягивая тралящую часть по дну между собой. При обнаружении препятствия (о чем сигнализирует зацеп трала) суда сближаются и меняются местами, формируя петлю. Затем оба плавсредства подтягиваются к месту зацепа, где с помощью шестов определяют характер объекта, глубину над ним и маркируют место вехой или бумом. Важно отметить, что для

эффективного выявления препятствий следует использовать легкие плавсредства – это повышает чувствительность всей системы.

Жесткий трал фиксируется на заданной глубине и перемещается по обследуемому участку водоема. О зацепе за препятствие свидетельствует отклонение трала от траектории движения – в этом случае место помечают буйками или вешками. По завершении траления отмеченные участки детально обследуют: доступные препятствия удаляют, остальные ограждают навигационными знаками.

Ширина обработанной зоны соответствует длине тралящей части, а перекрытие между галсами составляет 10-15% от этой величины.

Современный метод обследования фарватера предполагает использование специальной тральной системы, которая устанавливается поперек судоходного канала. Для позиционирования конструкции применяется самоходное судно-носитель, обеспечивающее точное размещение оборудования. Перемещение трала осуществляется двумя способами: естественным дрейфом по течению или контролируемой буксировкой с минимальной скоростью.

Конструкция оснащена парой управляемых платформ по краям, позволяющих корректировать положение системы в реальном времени. В процессе обследования за тралом следует мобильная группа сопровождения на скоростных катерах, оснащенных маркировочными буями. Эти средства визуализации активируются при обнаружении аномалий, о чем свидетельствует изменение геометрии несущих элементов.

Для обеспечения бесперебойного движения водного транспорта реализована система оперативного освобождения фарватера. Якорная фиксация одного из флангов позволяет под воздействием гидродинамических сил разворачивать конструкцию к береговой линии. Динамика процесса регулируется естественным течением, а при необходимости усиливается дополнительным тяговым модулем. После завершения маневра система автоматически возвращается в рабочую конфигурацию.

Новейшие разработки в области гидрографических исследований позволили создать усовершенствованную версию трального комплекса. Ключевым отличием является применение высокомошного буксировочного судна, обеспечивающего двунаправленное движение системы независимо от гидрологических условий.

Модернизированный комплекс демонстрирует исключительную производительность благодаря:

- применению энергоэффективных тяговых модулей
- интеллектуальной системе позиционирования
- автоматизированному контролю параметров

Инновационный детектор подводных объектов функционирует по принципу механогидравлического триггера. При контакте с препятствием происходит каскадная реакция:

1. Автоматический подъем сенсорного элемента
2. Регулировка натяжения несущих тросов
3. Мгновенная активация сигнального маркера

Такая конструкция обеспечивает беспрецедентную точность обнаружения потенциальных навигационных опасностей при минимальном времени реагирования.

Глубина траления достигает 6 метров, а ширина охвата варьируется от 12 метров (базовая комплектация) до 20 метров (с надставками). При использовании двух секций трал-сцепы эти показатели увеличиваются до 25 и 33 метров соответственно.

### **Жесткий трал системы Тесленко: особенности применения.**

Эта система работает по принципу буксировки или толкания самоходным плавсредством. Тралящая часть, перемещаясь по дну, точно фиксирует все неровности рельефа. Находящиеся на рабочей площадке специалисты оперативно отмечают минимальные глубины и местоположение обнаруженных препятствий, обеспечивая точность обследования.

### **Инновационный широкозахватный трал НФ ЦТКБ.**

При работе этого комплекса тралящая часть опускается на заданную глубину с одновременным натяжением сигнальных тросов. Движение осуществляется по заранее определенным галсам. При контакте с препятствием происходит серия автоматических действий:

- Тралящая труба приподнимается
- Сигнальные тросы ослабляются
- Срабатывает механизм сброса буйка
- Стопорное устройство поворачивается, освобождая только один маркер

После прохождения препятствия система автоматически возвращается в исходное состояние, готовясь к следующему срабатыванию. Особенностью конструкции является продуманный механизм селективного сброса буйков, исключающий их одновременное падение.

### **Усовершенствованный трал Новосибирского филиала ЦТКБ.**

16,5-метровая тралящая балка опускается с помощью ручной лебедки через систему блоков, включающую:

- Подвижные и неподвижные блоки
- Указатель глубины залегания препятствий
- Фрикционные барабаны с ленточными тормозами
- Тормозная система настроена таким образом, чтобы:
- Надежно удерживать трос при нормальном движении
- Плавно стравливать его при задевании за препятствие
- Предотвращать обрыв троса при критических нагрузках

В момент обнаружения препятствия автоматически срабатывает механизм сброса буйка из специальной обоймы, точно маркируя проблемный участок (рис. 1.2.4). Такая конструкция обеспечивает высокую точность и надежность работы в различных гидрологических условиях.

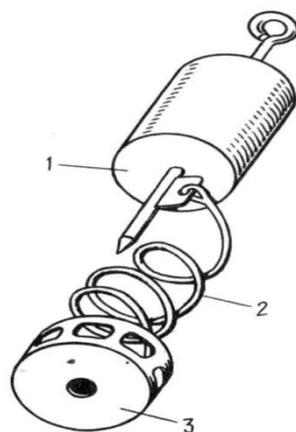


Рисунок 1.2.4 –Буек для обозначения обнаруженных препятствий при тралении: 1 – буек; 2 – буйреп; 3 – якорь.

При контакте с объектом на дне происходит ослабление натяжения сигнального троса из-за изменения рабочей длины тягового элемента. Степень провисания прямо пропорциональна высоте обнаруженного объекта над установленным уровнем траления. Для компенсации этого эффекта противовес в подвижном блоке перемещается вертикально вдоль направляющих корпуса индикаторного устройства. Текущая глубина над препятствием отображается на измерительной шкале. Современные модификации индикаторов могут включать автоматические логгеры, непрерывно записывающие изменения глубинных параметров.

В системе, разработанной для Енисейского бассейна, управление тралящим оборудованием (регулировка глубины и положения) производится оператором с помощью различных типов пультов - стационарных, переносных или дистанционных. Выявление подводных объектов осуществляется акустическим методом - по специфическому звучанию при ударе элементов конструкции о каменистые участки дна. После обнаружения препятствия маркировочный буй вручную высвобождается из крепежного устройства путем отключения фиксирующего механизма.

Ключевые параметры тральной системы включают:

- Зону охвата при сканировании - 25 метров

- Максимальную рабочую глубину - до 10 метров
- Оптимальную скорость перемещения - до 7 км/ч
- Показатель эффективности - 0,15 км<sup>2</sup> в час

Данные технические решения обеспечивают высокую точность обследования донного рельефа при оптимальных энергозатратах. Автоматизированные элементы управления значительно повышают безопасность и производительность гидрографических работ.

### **Особенности работы с судовым тралом типа Лысенко**

Траление выполняется либо на самосплавном режиме теплохода, либо на минимальном ходу. Чем тяжелее тралящий ригель, тем выше допустимая скорость: при слишком быстром движении напор воды выталкивает ригель вверх. Для увеличения скорости траления на среднюю штангу можно подвесить дополнительный груз, стабилизирующий положение ригеля.

### **Автоматизированное траление системой Котельникова**

Этот самоходный трал развивает скорость до **10 км/ч**. При контакте ригеля с препятствием срабатывает автоматический механизм сброса сигнального буйка. На корме установлена вращающаяся площадка, на которой свободно лежит буюк с грузом. В момент задевания выдергивается фиксирующая чека, площадка переходит в вертикальное положение, и буюк падает в воду. После срабатывания система возвращается в исходное состояние, готовясь к следующему циклу.

### **Применение трала системы Палкина в ледовых условиях**

Трал опускают в лунку, просверленную во льду, устанавливая тральную полосу на заданной глубине. Препятствия, расположенные выше установленного уровня, выявляются при вращении трала.

### **Анализ методик траления на внутренних водных путях РФ**

Рассмотренные методики носят рекомендательный характер и могут корректироваться в зависимости от типа водоема:

- Озера и водохранилища
- Свободные реки
- Зарегулированные участки рек и каналы

Основные отличия связаны с учетом естественного или искусственного течения, что требует адаптации техники траления под конкретные условия.

### 1.3. Анализ используемой в настоящее время нормативной документации, регламентирующей проведение тральных работ

В настоящее время порядок проведения тральных операций на отечественных водных путях регламентируется Временной инструкцией по содержанию судходного навигационного оборудования. Данный нормативный документ был введен в действие 25 ноября 1996 года приказом заместителя руководителя Службы речного транспорта А.М. Зайцева.

Особенности действующего регламента:

1. Временный характер документа предполагает возможность его актуализации
2. Инструкция охватывает все аспекты содержания СНО
3. Документ сохраняет юридическую силу с момента утверждения

Документ адресован специалистам путевого хозяйства, судовладельцам, а также представителям организаций, обеспечивающих безопасность судоходства. В нём изложены ключевые принципы размещения навигационных знаков, проведения промерных и тральных работ, а также организации деятельности обстановочных бригад.

Действующая нормативная база организации навигационного обеспечения представлена комплексным документом, состоящим из семи тематических разделов (31 параграф) и девяти приложений. Рассмотрим структуру подробнее:

## **1. Основные положения (Глава 1)**

- Определяет функциональное назначение средств навигационного оборудования
- Устанавливает перечень обязательных эксплуатационных мероприятий
- Формирует правовую основу деятельности служб навигационного обеспечения

## **2. Классификация навигационных знаков (Глава 2)**

Детализирует:

- Типологию береговых и плавучих ориентиров
- Особенности применения в латеральной и кардинальной системах маркировки
- Технические характеристики различных классов знаков

## **3. Принципы размещения СНО (Глава 3)**

Содержит нормативные требования к организации навигационного пространства:

- Схемы расстановки для различных типов водных объектов
- Специфика маркировки устьевых участков
- Особенности оборудования каналов и водохранилищ

## **4. Гидрографические работы (Глава 4)**

Включает два основных блока:

### **4.1. Промерные операции (§14-18):**

- Методики проведения замеров
- Требования к точности измерений
- Порядок обработки полученных данных

### **4.2. Тральные работы (§19-20) регламентируют:**

- Классификацию по видам (сплошные, локальные, аварийные)
- Технологические особенности обследования:
  - o Основных и дополнительных фарватеров
  - o Портовых акваторий и причальных зон
- Номенклатуру применяемого оборудования

- Процедуры маркировки обнаруженных объектов
- Периодичность и документальное сопровождение работ

**5. Информационное обеспечение (Глава 5)**

Устанавливает порядок:

- Сбора навигационных данных
- Их обработки и верификации
- Передачи в профильные службы (РВПиС, РГСИС)

**6. Организационная структура (Глава 6)**

Определяет:

- Штатную структуру подразделений
- Перечень технического оснащения
- Алгоритмы межведомственного взаимодействия
- Стандарты документооборота

**7. Радионавигационные системы (Глава 7)**

Содержит:

- Таксономию РНС
- Карты зон покрытия
- Регламент технического обслуживания

Приложения включают:

1. Методические материалы по расчету створных систем
2. Унифицированные формы учетной документации
3. Типовой акт выполненных тральных работ
4. Номенклатурный перечень оборудования
5. Нормативы эксплуатации энергетических установок
6. Допустимые параметры отклонений при установке СНО

Таким образом, документ служит основным руководством для обеспечения безопасного судоходства, однако его положения носят рекомендательный характер и могут адаптироваться в зависимости от условий конкретного водного пути.

## Глава 2. РАЗРАБОТКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ ТРАЛЬНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ КАРТ, СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС И ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНЕНИЙ

2.1. Разработка научно-обоснованных предложений по распределению потоков данных, получаемых при проведении тральных работ

2.1.1. Распределение потоков данных при проведении тральных работ на ВП РФ

На сегодняшний день при выполнении траления на водных путях России используются разнообразные тральные конструкции. Однако в стране отсутствуют автоматизированные системы, специально разработанные для этих целей. Между тем данный процесс играет ключевую роль в общем цикле гидротехнических операций. Его проводят как подготовительную меру (к примеру, перед очисткой русла) или в качестве проверочной процедуры (например, после углубления дна), что существенно сказывается на безопасности движения судов. При этом электронная фиксация итогов траления с защитой данных не ведется.

Анализируя текущую систему передачи сведений в рамках тральных операций, можно выделить два сценария. Если работы запланированы (перед руслоочистительными работами, вслед за дноуглублением и т. д.), решение об их начале принимает старший инженер участка водного пути. Когда же необходимость возникает из-за непредвиденных обстоятельств — природных, техногенных или иных факторов, изменяющих параметры водной артерии (такие случаи считаются внеплановыми), распоряжение

может поступить от службы пути (рис. 2.1.1.1). Далее инженер передает указание мастеру участка, который организует подготовку оборудования (жестких или гибких тралов) и управляет процессом. Примечательно, что действующие регламенты не включают применение специализированных автоматизированных инструментов для этих задач.

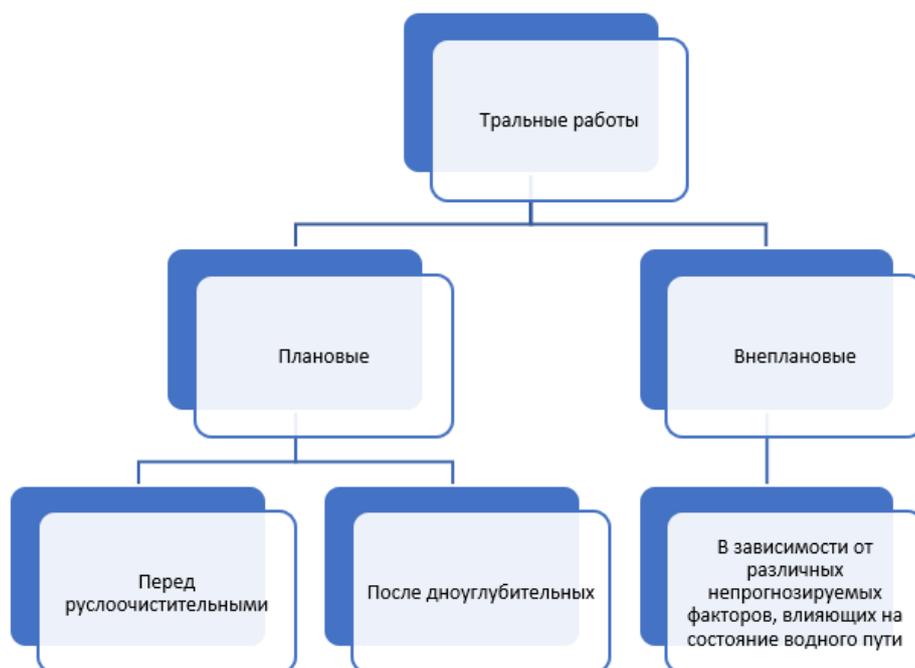


Рисунок 2.1.1.1 –Задачи, решаемые при проведении тральных работ.

По завершении обследования донного рельефа составляется официальный Акт траления, который подписывается руководителем работ и передается на рассмотрение главному инженеру гидрографического района. Данный документ содержит исчерпывающую информацию о проведенных изысканиях и состоянии судоходного участка.

Главный инженер проводит детальный анализ предоставленных сведений для определения соответствия фарватера установленным нормативам. При выявлении потенциально опасных участков или необходимости дополнительных мероприятий, акт направляется в службу гидрографического обеспечения (рис. 2.1.1.2) для принятия соответствующих мер.

Составленный акт служит официальным подтверждением проведения дноуглубительных работ и свидетельствует о безопасной навигационной обстановке на обследованном участке водного пути. Этот нормативный документ является основанием для открытия движения судов или введения временных ограничений, в зависимости от полученных результатов обследования.

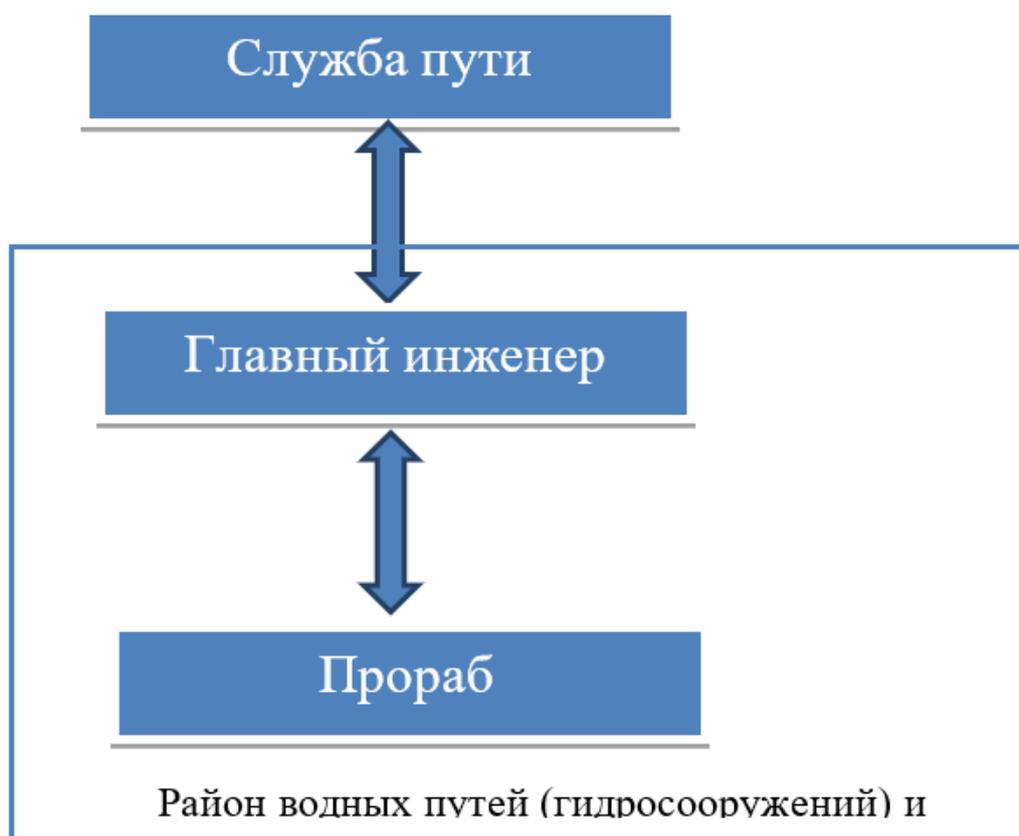


Рисунок 2.1.1.2 – Вертикаль передачи данных при проведении траления.

В процессе работ оператор вручную контролирует показания измерительных устройств без возможности их последующей верификации. Ответственность за точность данных возлагается исключительно на мастера участка.

Указанный документ формируется в бумажном формате с полным соблюдением корпоративных стандартов делопроизводства, принятых в организации-эксплуатанте водных путей.

Рисунок 2.1.1.3 демонстрирует архитектуру информационных потоков между структурными подразделениями обслуживающей компании в контексте выполнения тральных операций.



Рисунок 2.1.1.3 – Данные, передаваемые при проведении траления.

Проведённое исследование показывает, что текущая организация тральных операций в значительной степени зависит от субъективного человеческого фактора, что вносит существенную погрешность в результаты. Учитывая критическую важность этих работ для безопасности судоходства, требуется минимизировать подобные риски за счёт внедрения автоматизированных систем.

Современные достижения в области навигационных и информационных технологий открывают новые возможности для модернизации процесса. Сегодня большинство судов технического флота оснащены разнообразными навигационными приёмниками (НАП).

Хотя стандартные GNSS-приёмники, используемые при тралении, обеспечивают точное позиционирование судна и позволяют фиксировать

пройденный маршрут, их функциональность недостаточна для полноценной автоматизации процесса. Основные недостатки:

- невозможность автоматического выполнения тральных операций;
- отсутствие механизмов защиты информации;
- ограниченный функционал по экспорту данных (большинство моделей не поддерживают сохранение треков на внешние носители) (рис. Рисунок 2.1.1.4).

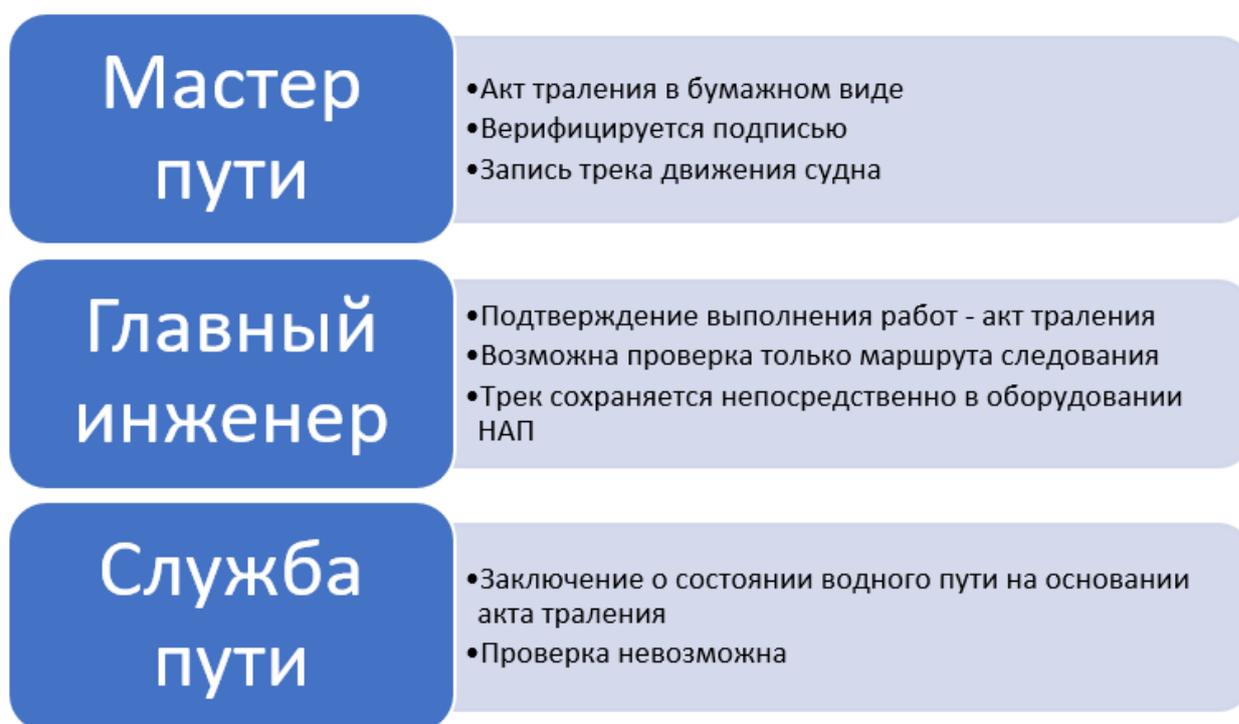


Рисунок 2.1.1.4 – Распределение потоков данных при проведении траления с использованием приемоиндикаторов ГНСС.

Водный транспорт в настоящее время переживает период технологической трансформации, связанный с широким внедрением интеллектуальных систем навигации. Особенно значительные достижения наблюдаются в сфере автоматизации гидрографических изысканий и обслуживания водных путей.

Среди наиболее перспективных разработок последнего поколения можно выделить:

1. Автоматизированные обстановочные комплексы. Многофункциональные системы, обеспечивающие точное размещение и контроль навигационного оборудования с минимальным участием человека.

2. Интегрированные промерные комплексы. Высокоточные измерительные системы, объединяющие гидролокационное оборудование с автоматизированной обработкой данных в реальном времени.

Эти технологические решения позволяют существенно повысить точность навигационного обеспечения, сократить сроки выполнения работ и минимизировать влияние человеческого фактора. Внедрение подобных систем открывает новые перспективы для развития безопасного и эффективного судоходства на внутренних водных путях.

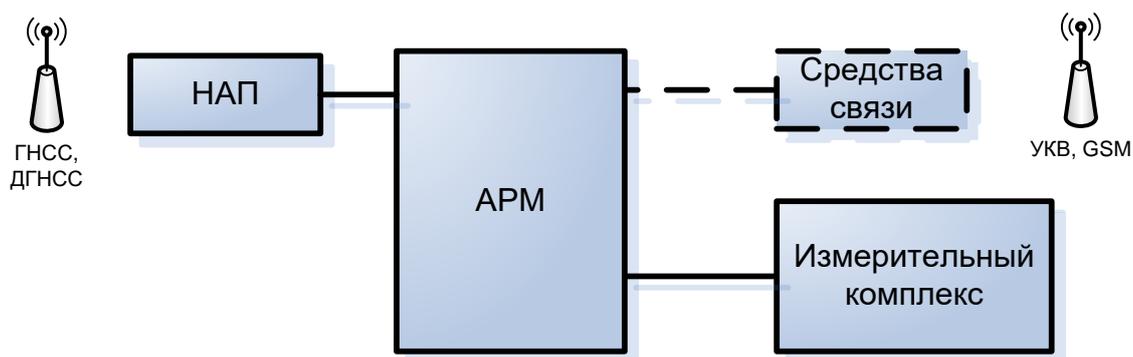


Рисунок 2.1.1.5 – Принципиальная схема навигационного комплекса.

Структура АПК включает три основных компонента: оборудование, размещенное на судне, береговую инфраструктуру и офисные модули.

Судовая часть системы содержит технические и программные элементы. Автоматизированная рабочая станция (АРМ) представляет собой вычислительный узел на базе специализированного компьютера с предустановленным основным и вспомогательным программным обеспечением, способный интегрироваться в сеть передачи данных. Навигационная аппаратура включает устройства для определения местоположения, скорости и направления движения судна. В их состав входят высокоточный ГНСС-приемник (ГЛОНАСС/GPS) с поддержкой

фазовых измерений, приемники поправок ГНСС, курсоуказательную систему, а также, опционально, оборудование для приема сигналов локальной корректирующей станции. Гидроакустические приборы, такие как эхолот, интерферометр или гидролокатор бокового обзора, обеспечивают сбор точных данных о рельефе дна и расположении подводных объектов. Для визуализации информации используются мониторы, принтеры и, при необходимости, широкоформатные плоттеры. Переносные носители данных, соответствующие классу защиты IP 53 и имеющие объем не менее 5 ГБ, применяются для хранения информации. Кроме того, судовой сегмент оснащается системами передачи навигационных данных в береговые центры обработки.

Береговая инфраструктура комплекса включает локальную корректирующую станцию с зоной покрытия не менее 15 км. Для проведения береговых геодезических измерений используются переносные ГНСС-приемники (ГЛОНАСС/GPS). Обработка данных осуществляется на портативных компьютерах (ноутбуках, планшетах и т. д.), оснащенных необходимым программным обеспечением, защищенных от внешних воздействий (IP 53) и поддерживающих подключение к Интернету. Дополнительно применяется геодезическое ГНСС-оборудование с функцией фазовых измерений, способное учитывать поправки от глобальных (GRAS, SBAS) и локальных станций. Для хранения и переноса данных используются защищенные мобильные носители объемом от 5 ГБ.

Офисный модуль предназначен для обработки и хранения гидрографической информации. Он включает автоматизированное рабочее место оператора с соответствующим программным обеспечением и доступом в Интернет. Визуализация данных обеспечивается мониторами, принтерами и, при необходимости, широкоформатными плоттерами. Для резервного копирования и переноса информации применяются внешние накопители, соответствующие требованиям по объему (от 5 ГБ) и защите (IP 53).

Таким образом, АПК представляет собой комплексную систему, объединяющую судовое, береговое и офисное оборудование для выполнения гидрографических работ.

Состав аппаратно-программного комплекса АОК.В зависимости от места эксплуатации система включает несколько функциональных модулей:

- основной судовой компонент
- дополнительный береговой блок (при необходимости)

Система реализована на основе специализированного вычислительного комплекса, оснащенного базовым и расширенным программным обеспечением для навигационных задач. Центральным элементом конструкции выступает многофункциональный навигационный приемник, поддерживающий работу с системами ГЛОНАСС и GPS.

Для измерения глубин в ходе маршрутных исследований применяется однолучевой гидроакустический глубиномер. Информация выводится на дисплей, а для её сохранения используются защищённые переносные хранилища данных ёмкостью от 5 ГБ с классом защиты IP53. Дополнительно могут устанавливаться устройства радиосвязи и модемы для передачи данных.

Дополнительный береговой модуль. Данный компонент применяется при отсутствии в районе работ стационарных систем дифференциальной коррекции. В его состав входят:

- ультракоротковолновая корректирующая станция с зоной покрытия 15 км
- технические средства для её настройки и контроля работы

Береговое оборудование используется ситуационно, в зависимости от условий эксплуатации основного комплекса.

Среди оборудования для оснащения водных путей Российской Федерации наибольшее распространение получили автоматизированные комплексы АОК и АПК производства компании «Транзас». Типовая конфигурация АПК-У включает несколько ключевых компонентов. Основу

системы составляет гидрографический эхолот HydroBox, работающий в паре со специализированным вычислительным модулем «АПК-В». Для навигационных задач используется судовое устройство, комплектуемое радиостанцией «Ермак СР-360», модемом «Спектр-48 MSK», навигационным приёмником «Shark-V1G RT-20», блоком питания «ДМ-Р» и антенным комплексом ТС-330D2-6 с 701GG1. Береговой модуль имеет аналогичный состав, но дополнительно оснащается станцией дифференциальных поправок.

Автоматизированный комплекс существенно упрощает проведение тральных работ. Он позволяет загружать электронные навигационные карты, автоматически формировать отчётную документацию в цифровом виде, а также непрерывно фиксировать координаты судна с записью его маршрута. Однако важно учитывать, что программное обеспечение не обеспечивает защиты данных от возможных изменений. Ещё одним ограничением является использование однолучевого эхолота, который, обеспечивая высокую точность измерений, значительно увеличивает время выполнения работ из-за узкой зоны сканирования. Переход на многолучевые системы позволяет решить эту проблему.

Применение АПК-У для тральных работ нельзя назвать оптимальным решением, так как состав оборудования избыточен для таких задач, что приводит к неоправданным затратам. Передача полученных данных может осуществляться двумя способами: через съёмные носители информации или по каналам сотовой связи. Второй вариант возможен только при наличии соответствующего оборудования в составе комплекса и устойчивого сигнала мобильной связи, что особенно важно учитывать при работе на удалённых участках водных путей. Выбор способа передачи зависит как от технической оснащённости, так и от требований к оперативности доставки информации.

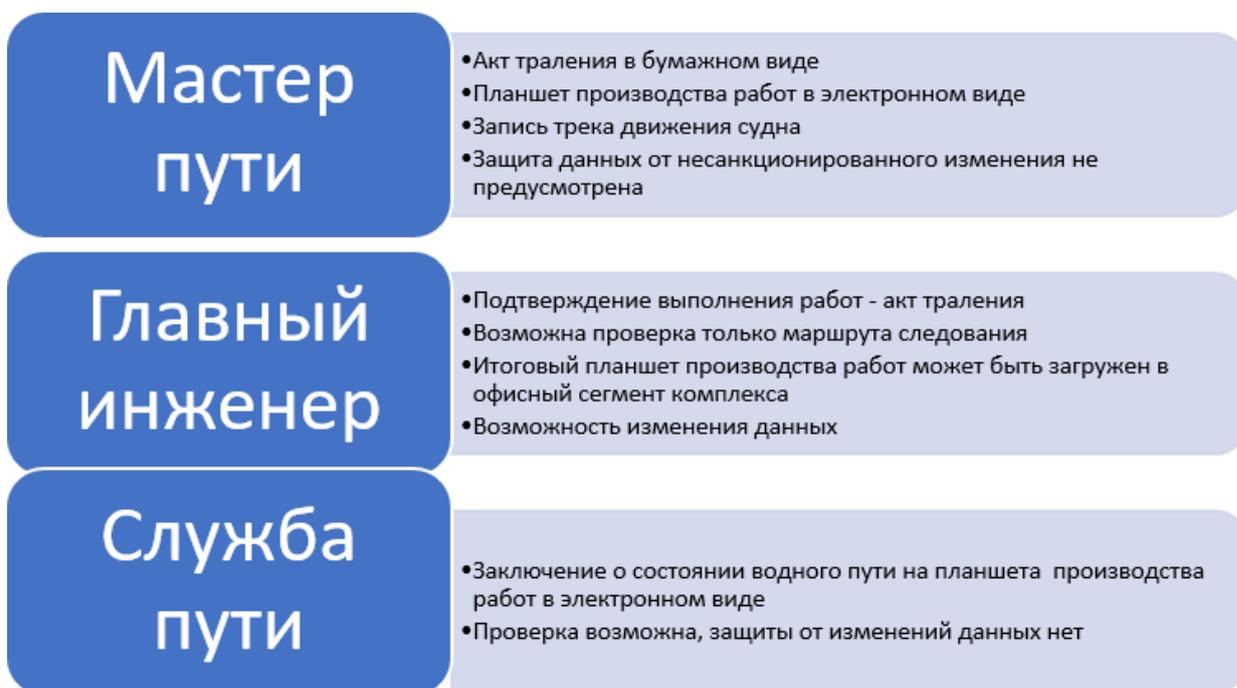


Рисунок 2.1.1.6 – Распределение потоков данных при проведении траления с использованием АПК.

Компания «Транзас» предлагает комплексное решение, включающее несколько взаимосвязанных компонентов. Основу системы составляет специализированный вычислительный модуль СОК, работающий в комплексе с гидроакустическим оборудованием модели «Кристалл-40В».

Для обеспечения точной навигации в состав комплекса входит приемник коррекции ПКИ-2, соединенный с антенной MBL-3. Дополнительные возможности позиционирования обеспечиваются за счет использования спутниковых антенн NovAtel 701GG.

Энергоснабжение системы организовано с помощью инверторов двух моделей: А-301-300 и А-302-300.

Навигационно-связное оборудование представлено судовым блоком АПК-У, который объединяет радиостанцию «Ермак СР-360», модем «Спектр 48 MSK» и спутниковый приемник SharkV1GRT-20. Береговая станция имеет аналогичную конфигурацию, но дополнительно оснащена блоком питания

«ДМ-Р». Телекоммуникационные функции обеспечиваются модулем GSM/3G «Novacom» с внешней антенной.

Комплекс обеспечивает базовый набор функций для тральных операций, схожий с возможностями АПК, но имеет ряд существенных отличий. В отличие от промерных систем, представленное решение не поддерживает работу с многолучевыми эхолотами - все существующие конфигурации используют однолучевые модели. Это приводит к значительному увеличению времени выполнения работ и снижает вероятность обнаружения опасных участков.

Рабочие функции системы включают:

- Загрузку цифровых навигационных карт
- Формирование специализированных планшетов для мониторинга навигационного оборудования
- Фиксацию траектории движения судна

Следует отметить, что программное обеспечение не обеспечивает защиту данных от несанкционированного вмешательства. Передача результатов работ может осуществляться двумя способами: через съемные носители информации или по каналам мобильной связи. Выбор метода зависит от технической оснащенности конкретного экземпляра комплекса, требований к оперативности передачи данных и наличия устойчивого сигнала сотовой связи, что особенно важно при работе на удаленных участках водных путей.



Рисунок 2.1.1.7 – Распределение потоков данных при проведении траления с использованием АОК.

Проведенный анализ показывает, что существующие специализированные навигационные комплексы, используемые на водных путях России, обладают ограниченными возможностями в части автоматизации тральных операций. Хотя эти системы обеспечивают контроль результатов проводимых работ, они не содержат механизмов верификации достоверности полученных данных. Более того, используемое программное обеспечение допускает возможность внесения изменений в результаты измерений.

Использование автоматизированных промерных и обстановочных комплексов в качестве временного решения обусловлено отсутствием специализированных систем для тральных работ. Функционал этих комплексов ограничивается:

- Навигационной поддержкой

- Помощью в удержании судна на заданном курсе
- Визуализацией электронных карт

При этом характеристики применяемого гидрографического оборудования не позволяют достичь такой же площади обследования, которую обеспечивают традиционные тралы (гибкие или жесткие).

Формируемые в существующих комплексах электронные отчетные планшеты не содержат достаточной информации для полноценного анализа тральных работ. Их основное преимущество заключается лишь в возможности оперативной передачи кратких отметок благодаря наличию беспроводных каналов связи.

В будущем с появлением специализированных автоматизированных тральных комплексов потребуется обеспечить:

- Формирование комплексных электронных актов траления
- Включение в отчетные документы полного набора данных
- Надежные каналы беспроводной передачи информации

Эти вопросы требуют детального рассмотрения существующих и перспективных технологий связи, что будет проанализировано далее.

### 2.1.2. Каналы передачи данных

Для обмена информацией, полученной в ходе работ по содержанию водных путей (включая траление), могут применяться различные технологии связи. На практике используются два основных типа каналов передачи: мобильная связь (GPRS, 3G, HSDPA) и спутниковые системы (Globalstar, Inmarsat, Iridium). (рис. 2.1.2.1).

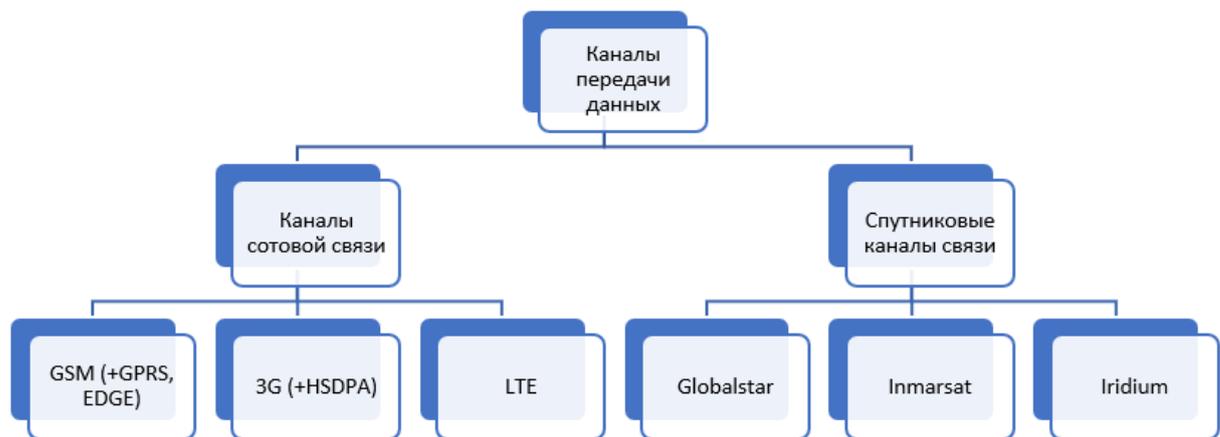


Рисунок 2.1.2.1 – Каналы беспроводной связи, применяемые для передачи результатов работ на водных путях РФ.

В современных телекоммуникационных решениях предпочтение чаще всего отдается мобильной связи, где доминирующее положение занимает GPRS-технология. Данный стандарт обеспечивает пакетную передачу информации, используя уже развернутую инфраструктуру GSM-сетей. Его принципиальное отличие заключается в системе оплаты - абоненты платят исключительно за потребленный трафик, а не за продолжительность сеанса связи.

GPRS-система создает канал для двустороннего обмена данными между абонентскими терминалами и сетевыми ресурсами, включая выход во всемирную сеть. Техническая реализация данной технологии базируется на двух ключевых компонентах:

- сети базовых приемо-передающих станций (BSS)
- опорной транспортной инфраструктуре (GPRS Core Network)

Подобная архитектурная концепция обеспечивает рациональное использование существующих GSM-коммуникаций для организации высокоэффективной передачи цифровых данных (рис. 2.1.2.2).

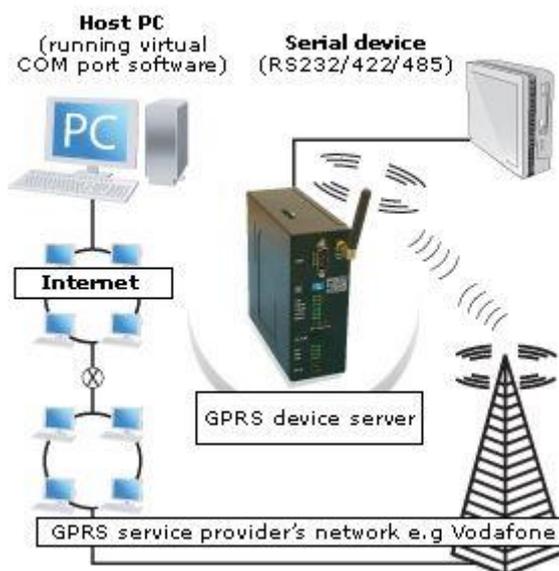


Рисунок 2.1.2.2 – Структурная схема передачи данных при использовании GPRS-соединения.

В GPRS-сетях подсистема базовых станций (BSS) включает усовершенствованное оборудование, оптимизированное для работы с пакетными данными. Традиционные контроллеры базовых станций (BSC) дополняются специализированными пакетными контроллерами (PCU), что обеспечивает поддержку новой технологии передачи информации.

Каждая базовая приемопередающая станция (BTS) оборудована кодирующими устройствами (CCU), предназначенными для эффективной обработки цифровых потоков. Такая модернизация инфраструктуры позволяет значительно повысить производительность сети при работе с пакетными данными.

Основу опорной сети GPRS составляет сервисный узел поддержки (SGSN), выполняющий критически важную функцию преобразования данных из GSM-формата в TCP/IP-пакеты. Для подключения к внешним сетям используются шлюзовые узлы (GGSN), которые обеспечивают взаимодействие с интернетом и корпоративными сетями через IP-протокол. Дополнительные компоненты сети включают DNS-сервер для разрешения имен и биллинговый шлюз для учета трафика.

Технология GPRS отличается интеллектуальным использованием сетевых ресурсов. Она динамически задействует незанятые голосовые каналы для передачи данных, при этом голосовая связь всегда имеет приоритет. Благодаря возможности объединения нескольких каналов достигается теоретическая максимальная скорость передачи до 171,2 кбит/с. Современные мобильные терминалы поддерживают работу с четырьмя таймслотами одновременно, что позволяет достигать скорости около 85 кбит/с при использовании схемы кодирования CS-4.

Особенностью GPRS является реализация виртуальных каналов связи, которые физически существуют только во время фактической передачи пакетов данных. Каждый информационный пакет содержит уникальный идентификатор для правильной доставки получателю. В системе предусмотрены механизмы приоритизации трафика на основе параметров QoS, что позволяет дифференцировать обслуживание абонентов в зависимости от их тарифных планов.

На физическом уровне GPRS использует GMSK-модуляцию с адаптивным выбором одной из четырех схем кодирования (CS1-CS4). Автоматический выбор схемы кодирования осуществляется в зависимости от текущего качества радиосигнала, обеспечивая оптимальный баланс между скоростью передачи данных и надежностью соединения. Более устойчивые к помехам схемы (CS1-CS2) применяются при ухудшении условий связи, тогда как в благоприятных условиях задействуются более скоростные (CS3-CS4).

Основанная на пакетной коммутации данных, GPRS реализует подход, схожий с интернет-технологиями. Передаваемая информация предварительно дробится на автономные пакеты, способные следовать разными путями через сетевую инфраструктуру, с последующей реконструкцией на стороне приемника. Каждому терминалу в процессе сеанса связи присваивается индивидуальный IP-идентификатор, превращая его в полноценный элемент сети.

Ключевым преимуществом технологии является ее полная совместимость со стеком протоколов TCP/IP, что обеспечивает беспроводное взаимодействие с глобальными интернет-ресурсами без необходимости дополнительных настроек. В рамках системы успешно функционируют разнообразные транспортные протоколы (TCP, UDP), а также поддерживаются распространенные прикладные протоколы, включая HTTP и HTTPS для веб-доступа.

EDGE представляет собой усовершенствованную версию GPRS, считающуюся переходным этапом к технологиям третьего поколения (3G). Международный союз электросвязи (ITU) разработал стандарт IMT-2000, объединяющий несколько технологий, среди которых наиболее распространены UMTS, CDMA2000 и WCDMA. Эти решения обеспечивают одновременную передачу голоса и данных с повышенной скоростью - от 144 кбит/с для подвижных объектов до 2 Мбит/с для стационарных устройств.

Дальнейшее развитие получила технология HSDPA, увеличивающая скорость передачи до 3 Мбит/с за счет оптимизации протоколов и методов кодирования. Четвертое поколение связи (4G) обеспечивает скорости свыше 100 Мбит/с, а стандарт LTE, утвержденный 3GPP в 2008 году, стал основным направлением эволюции мобильных сетей. LTE поддерживает работу в широком частотном диапазоне и обеспечивает теоретическую скорость до 326 Мбит/с.

На территории Европейской части России преимущественно доступны GSM и GPRS сети, однако для сибирских и дальневосточных рек требуются альтернативные решения. В труднодоступных регионах оптимальным выбором становятся спутниковые системы связи, такие как Iridium. Эта глобальная система использует 66 рабочих спутников на полярных орбитах, обеспечивая надежное покрытие по всей поверхности планеты, включая полярные регионы. Благодаря орбитальной группировке качество связи остается стабильным независимо от местоположения пользователя (рис. 2.1.2.3).

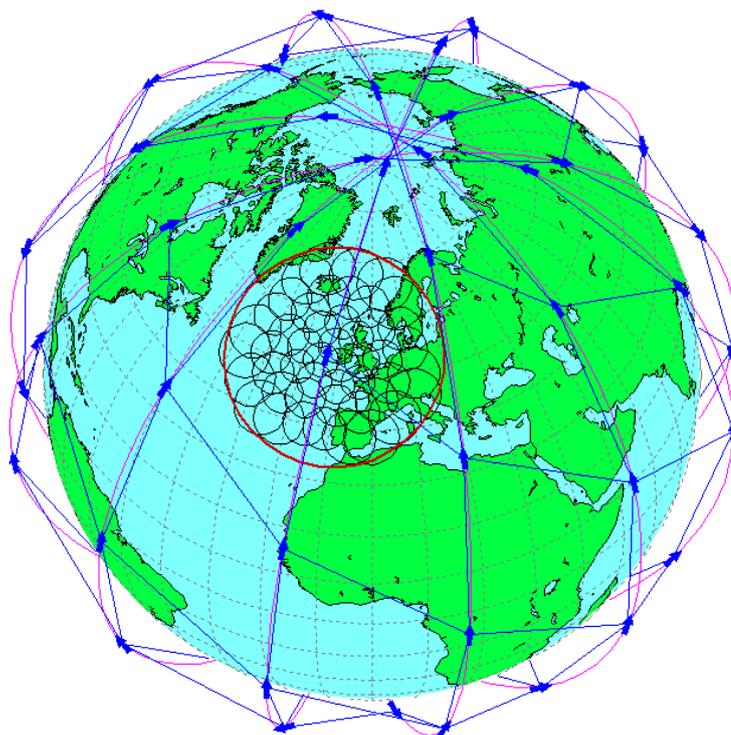


Рисунок 2.1.2.3 – Зона покрытия системы Iridium.

Спутники Спутниковая группировка Iridium размещена на низких околоземных орбитах (около 780 км) с наклоном  $86,5^\circ$ . Особенностью системы является организация межспутниковой связи в Ka-диапазоне, что минимизирует необходимость в наземных станциях. Передача информации между космическими аппаратами позволяет доставлять данные на Землю через любой спутник, находящийся в зоне видимости наземного терминала.

Для взаимодействия с абонентскими терминалами используется L-диапазон (1616-1626,5 МГц) с полосой 7,775 МГц. Система применяет комбинированный метод доступа TDMA/FDMA с модуляцией DE-QPSK (на нисходящем канале) и DE-BPSK (для синхронизации). Каждый кадр длительностью 90 мс содержит четыре временных слота по 8,28 мс, что обеспечивает скорость передачи 25 килобод. Конструкция антенн терминалов предусматривает их универсальность - одна антенна может одновременно работать с сигналами Iridium и GPS.

Официальное введение системы в эксплуатацию на территории Российской Федерации состоялось в 2012 году после завершения всех

необходимых процедур, включая сертификацию оборудования и выделение соответствующих частот регулятором связи.

С технической точки зрения, система использует уникальную схему передачи данных: сигналы от российских пользователей через спутниковую группировку транслируются непосредственно на головную станцию, расположенную в Соединенных Штатах. Такая архитектура позволяет полностью исключить необходимость развертывания дополнительной наземной инфраструктуры на территории РФ.

Первоначально ориентированная на голосовую связь, система развила возможности передачи данных, особенно востребованные для M2M-решений. Специально для телеметрии была разработана технология SBD, позволяющая передавать пакеты до 2 КБ без установления соединения. Современные модемы (серии 960х, Q9612) обеспечивают двусторонний обмен данными с задержкой 6-22 секунды, используя для идентификации IMEI-код терминала.

Конкурентная система Globalstar также использует низкоорбитальные спутники, но с принципиально иной архитектурой. Она интегрирует технологии сотовой связи CDMA и обеспечивает аналогичный набор услуг (голос, данные, геолокация). Особенностью является приоритетное использование наземных сетей при их доступности, с автоматическим переключением на спутниковый канал в удаленных районах. Система гарантирует максимальную задержку сигнала 150 мс при времени установления соединения до 5 секунд.

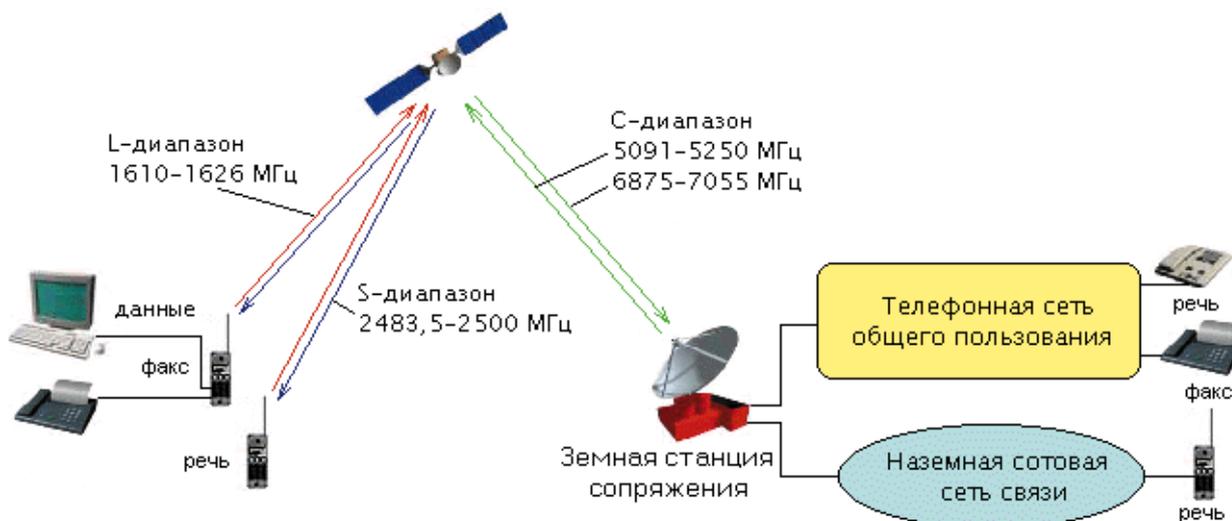


Рисунок 2.1.2.4 – Структурная схема передачи данных системы Globalstar.

При в основе передачи голосовых сообщений лежит технология кодирования CELP с адаптивным линейным предсказанием. Динамический диапазон скоростей передачи варьируется от минимальных 1,2 до максимальных 9,6 Кбит/с со стандартным значением 2,4 Кбит/с. Интегрированные системы эхокомпенсации гарантируют качество связи, соответствующее современным стандартам цифровой телефонии по объективным оценкам MOS. Для передачи цифровых данных предусмотрена пропускная способность до 9,6 Кбит/с, демонстрирующая четырехкратное преимущество перед конкурирующей системой Iridium. Показатель достоверности передачи достигает значения  $10^{-6}$ .

Система построена по трехуровневому принципу, включающему:

- Орбитальную группировку космических аппаратов
- Наземный комплекс управления и коммутации
- Абонентские терминальные устройства

Спутниковая инфраструктура насчитывает 52 космических аппарата (48 рабочих + 4 резервных), равномерно распределенных на восьми орбитальных плоскостях (рис. 2.1.2.5). Каждая плоскость содержит по шесть

спутников, функционирующих на средней высоте 1414 км с углом наклонения  $52^\circ$  и орбитальным периодом 113 минут.

В отличие от полярной конфигурации Iridium ( $86^\circ$ ), Globalstar использует умеренное наклонение орбит, что обуславливает:

Преимущества:

- Увеличенную в 1,8 раза зону покрытия единичного аппарата
- Продленный до 7,5 лет срок активного существования

Особенности:

- Повышенные временные задержки сигнала
- Дополнительное ослабление сигнала
- Увеличенные затраты на орбитальное развертывание

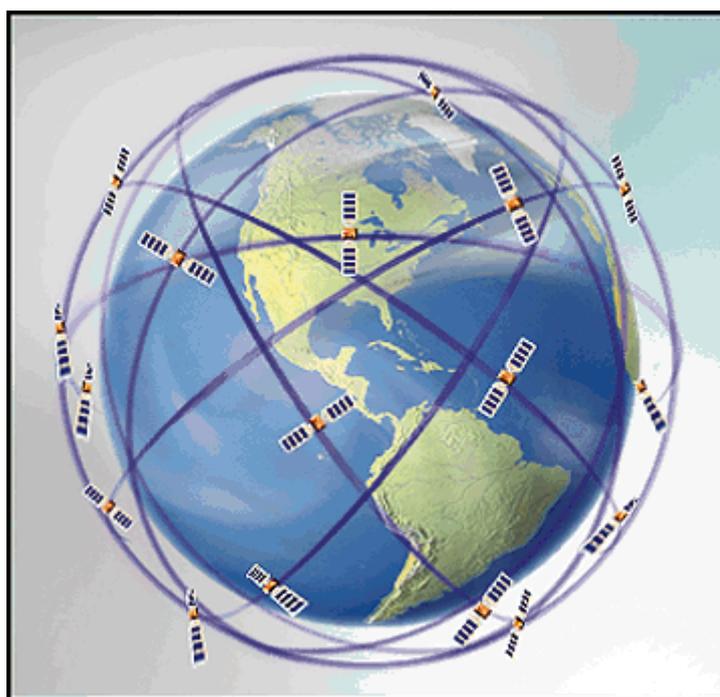


Рисунок 2.1.2.5 – Орбиты спутников системы Globalstar

Архитектура Globalstar оптимизирована для обслуживания средних широт, где одновременно доступны как минимум два космических аппарата. Зона покрытия ограничена  $70^\circ$  северной и южной широты (рис. 2.1.2.6), что исключает возможность использования системы в полярных регионах,

включая Антарктиду, Северный полюс и северные территории России. В отличие от Iridium, чья орбитальная конфигурация обеспечивает глобальное покрытие без подобных ограничений.

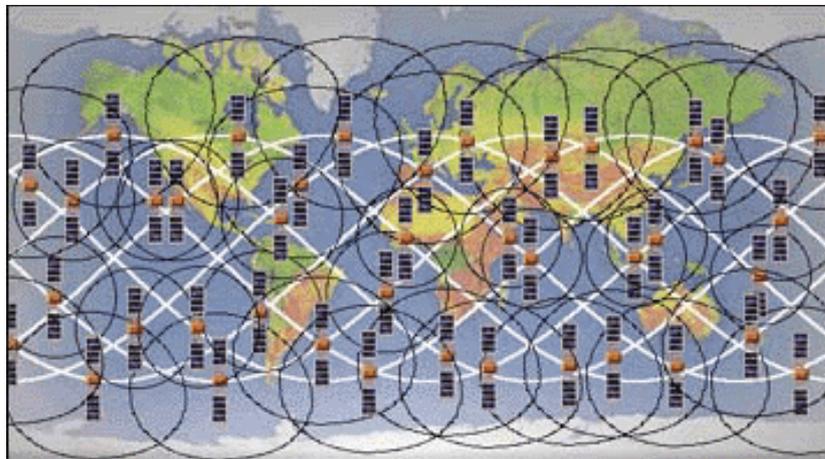


Рисунок 2.1.2.6 – Ширина зоны обслуживания системы Globalstar.

Одной Важнейшим параметром, влияющим на надежность соединения, является минимальный угол возвышения спутника над горизонтом. Большие значения этого угла уменьшают атмосферные помехи и снижают влияние наземных препятствий. В экваториальной зоне Iridium поддерживает угол  $8^\circ$ , тогда как Globalstar требует  $15-20^\circ$ , что обеспечивает лучшее качество связи, но увеличивает требования к количеству спутников. При проектировании полярных орбит особое внимание уделяется равномерному распределению нагрузки, так как в районе полюсов происходит пересечение траекторий множества аппаратов.

Спутники системы функционируют как частотные преобразователи, передавая сигналы на наземные станции без обработки на борту. Все операции коммутации и разделения каналов выполняются земным оборудованием, что упрощает конструкцию космических аппаратов и снижает эксплуатационные расходы. Отсутствие межспутниковых каналов, в отличие от Iridium, повышает надежность, но ограничивает функциональность.

Globalstar предлагает три типа терминалов:

1. Портативные устройства, аналогичные сотовым телефонам
2. Мобильные системы для транспортных средств
3. Стационарные аппараты общего пользования

Все модели оснащены последовательными портами для подключения навигационного оборудования и поддерживают адаптивное управление мощностью передатчика.

Наиболее распространенная в российском флоте система спутниковой связи была создана в 1979 году по инициативе Международной морской организации. Штаб-квартира с центром управления расположена в Лондоне, а участниками проекта являются более 80 государств, включая Российскую Федерацию как правопреемницу СССР.

С 1992 года суда, совершающие рейсы в морских районах А2 и А3, обязаны оснащаться терминалами INMARSAT в рамках ГМССБ. Система использует геостационарные спутники в качестве ретрансляторов между подвижными объектами и наземными станциями, подключенными к международным телекоммуникационным сетям.

Помимо базовых услуг связи, система обеспечивает:

- Коррекцию электронных навигационных карт
- Мониторинг судового движения
- Передачу данных в системе АИС
- Обмен информацией с управлениями водных путей

Структура системы включает:

- Космический сегмент (геостационарные спутники)
- Береговую инфраструктуру
- Парк судовых терминалов

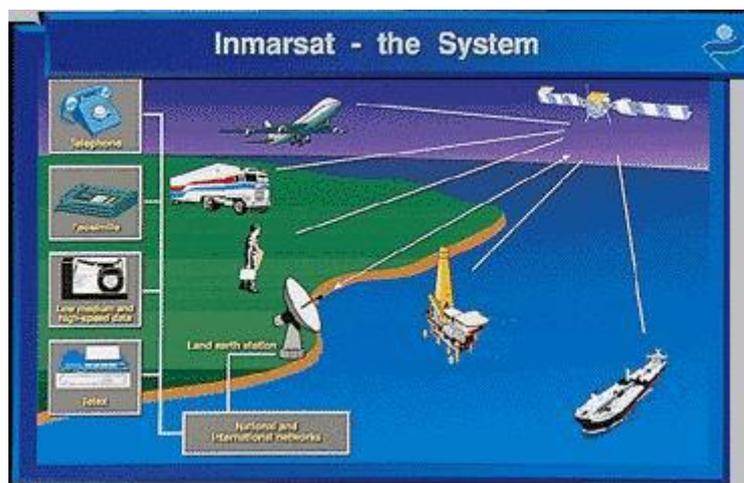


Рисунок 2.1.2.7 – Структурная схема передачи данных системы Inmarsat.

Геостационарные спутники, составляющие основу космического сегмента, располагаются на высоте 35 786 км над экватором. Благодаря синхронности орбитального движения с вращением Земли эти аппараты сохраняют постоянное положение относительно поверхности. Каждый спутник обеспечивает покрытие определенного географического региона, где судовые терминалы могут устанавливать прямую связь без необходимости сопровождения. В систему входят как рабочие, так и резервные аппараты, гарантирующие бесперебойную работу.

Береговой сегмент представляет собой разветвленную сеть приемопередающих станций (CES/LES), дополненную координационными центрами (NCS). Управление всей инфраструктурой осуществляется из центрального диспетчерского пункта, расположенного в Лондоне. Эта структура обеспечивает интеграцию с глобальными телекоммуникационными сетями.

Морские терминалы (SES) представляют собой специализированные коммуникационные устройства, устанавливаемые на борту судов. Они обеспечивают двустороннюю связь между судном и береговыми абонентами через спутниковый канал и береговые станции.

Современные телекоммуникационные платформы обладают важной функциональной особенностью – интеллектуальным переключением между различными типами каналов связи. Подобная технологическая реализация

обеспечивает существенную экономию операционных затрат, что особенно важно для труднодоступных территорий.

На примере восточных регионов России становится очевидной практическая ценность такого подхода. В Сибири и на Дальнем Востоке, где традиционная сотовая связь доступна преимущественно вблизи побережья, гибридные решения демонстрируют особую эффективность, гарантируя стабильное соединение независимо от местоположения абонента.

При планировании работ необходимо учитывать:

1. Географическое положение района эксплуатации
2. Доступность и качество покрытия сотовых сетей
3. Зоны действия спутниковых систем

Оптимальный выбор технологии передачи данных должен основываться на комплексном анализе этих параметров, обеспечивая баланс между стоимостью и надежностью связи.

2.2. Выработка научно-обоснованных предложений по обеспечению точности позиционирования при проведении тральных работ на ВВП

2.2.1. Точность позиционирования при проведении тральных работ на ВВП РФ

Обеспечение высокой точности навигации при выполнении тральных операций на внутренних водных путях России представляет одну из ключевых задач, успешное решение которой напрямую зависит от характеристик используемого навигационного оборудования. Для определения необходимых точностных параметров требуется проведение серии практических испытаний в реальных условиях эксплуатации.

В настоящее время на водных путях страны применяются преимущественно автоматизированные промерные и обстановочные

комплексы. Современные требования к точности позиционирования разработаны с учетом возможностей данного оборудования, способного частично автоматизировать процесс траления. Однако следует подчеркнуть, что хотя эти комплексы могут выполнять схожие функции, их взаимозаменяемость снижает общую эффективность работ и не позволяет в полной мере реализовать технический потенциал каждого решения. Создание универсальной системы, объединяющей все необходимые компоненты, неизбежно приведет к значительному увеличению стоимости.

Перспективные разработки в области специализированных навигационных комплексов для тральных работ должны предусматривать обязательную фиксацию данных о состоянии водного пути в электронном формате с надежной защитой от несанкционированного доступа. Важным требованием является формирование цифрового отчета (электронного планшета траления), который станет неотъемлемым приложением к традиционному бумажному акту.

Примечательно, что внедрение автоматизированных тральных комплексов нового поколения не предполагает полного отказа от проверенных методов - жесткие и гибкие тралы останутся важной частью системы, однако контроль их показаний будет осуществляться в автоматическом режиме. Такой инновационный подход позволит минимизировать влияние человеческого фактора и гарантировать достоверность полученных результатов.

Автоматизированный тральный комплекс (АТК) проектируется как двухкомпонентная система, состоящая из судового и офисного сегментов. Судовой модуль предназначен для непосредственного выполнения тральных работ и включает современное навигационное оборудование, гидроакустические системы для батиметрических измерений, средства визуализации данных и криптографической защиты информации. Особое внимание уделяется использованию защищенных носителей данных и надежных каналов передачи информации в бассейновые центры.

Офисный сегмент комплекса выполняет функции контроля и верификации полученных результатов. Он оснащается специализированным программным обеспечением для анализа данных, современными средствами визуализации и защищенными системами хранения информации. Такая архитектура позволит не только автоматизировать процесс траления, но и существенно повысить качество документального сопровождения работ, обеспечить эффективный мониторинг дноуглубительных операций, а также оперативно выявлять подводные препятствия с последующей актуализацией электронных навигационных карт.

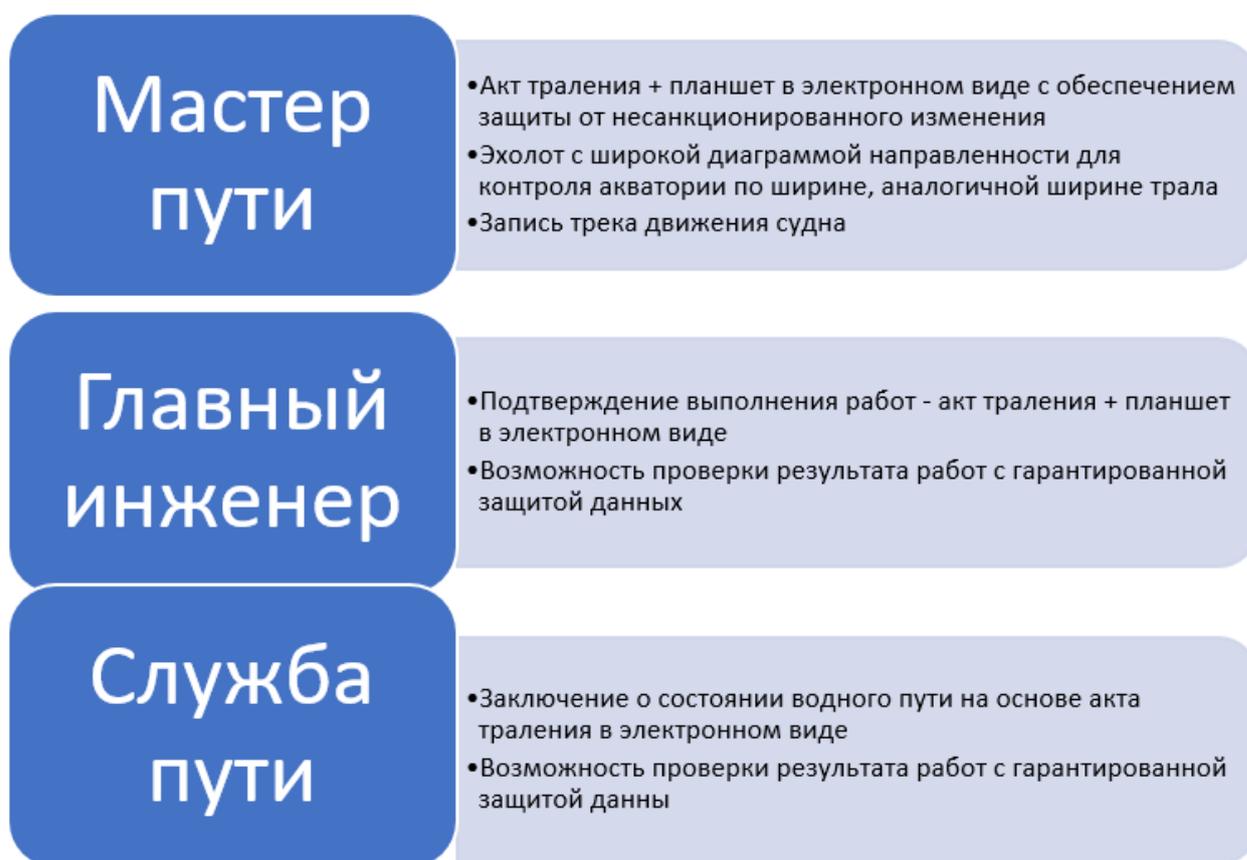


Рисунок 2.2.1.1 – Планируемая структурная схема передачи данных при использовании перспективного АТК.

Организация эффективного управления внутренними водными артериями страны требует применения узкоспециализированных технических решений, разработанных с учетом специфики

эксплуатационных задач. Ключевым аспектом модернизации становится стандартизация аппаратной базы и программных оболочек для различных операционных комплексов.

Подобный подход обеспечит создание:

- Единой технологической платформы
- Совместимых протоколов обмена данными
- Унифицированных рабочих процессов

Необходимым условием является совместимость всех комплексов с официальными электронными навигационными картами и базами данных водных путей. Обязательной функцией должно стать обеспечение обмена данными между системами в едином формате, что создаст целостное информационное пространство для всех участников процесса обслуживания водных путей.

В настоящее время российская промышленность не выпускает серийных автоматизированных тральных комплексов, полностью отвечающих требованиям эксплуатации на внутренних водных путях. Существующие автоматизированные промерные и обстановочные комплексы способны лишь частично решать задачи, связанные с тралением. Разработка специализированного трального комплекса представляет собой актуальную задачу, требующую проведения серьезных опытно-конструкторских работ.

Разрабатываемый комплекс должен обеспечивать полное покрытие всех внутренних водных путей России, включая удалённые участки, находящиеся вне зоны действия прецизионных дифференциальных навигационных систем. Это требование обусловлено необходимостью выполнения гидрографических работ в любом регионе страны без ограничений по точности позиционирования.

Экономический анализ показал нецелесообразность использования локальных корректирующих станций в составе оборудования. Основными недостатками такого решения являются:

- значительное увеличение стоимости комплекса без существенного улучшения функциональных характеристик;
- необходимость дополнительного времени для накопления и обработки корректирующих данных, что снижает оперативность выполнения работ.

В качестве оптимального решения предлагается реализация в программном обеспечении комплекса следующих функций:

1. Возможность постобработки навигационных данных с применением современных алгоритмов коррекции;
2. Интеграция с существующими системами дифференциальной коррекции;
3. Автоматическая компенсация погрешностей на основе встроенных алгоритмов.

Такой подход обеспечивает требуемую точность измерений при минимальных капитальных затратах и сохранении высокой производительности работ. Дополнительным преимуществом является универсальность применения комплекса в различных географических условиях без необходимости модификации аппаратной части. (рис. 2.2.1.2).



Рисунок 2.2.1.2 – Отчетные материалы, получаемые в результате работы перспективного АТК на разных типах ВВП РФ.

Навигационная система автоматизированного трального комплекса должна обеспечивать непрерывный мониторинг и фиксацию ключевых параметров движения судна. К основным измеряемым показателям относятся текущие географические координаты, временные отметки, пространственная ориентация (курс, крен и дифферент), а также скорость перемещения. Получение этих данных должно осуществляться круглосуточно при любых метеоусловиях на основе обработки сигналов глобальных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS и их сервисных дополнений. Система должна обладать возможностью генерации дифференциальных поправок в соответствии с международным стандартом RTCM SC-104.

Все компоненты навигационного комплекса обязаны соответствовать строгим международным и российским нормативным требованиям. В перечень обязательных стандартов входят резолюции ИМО А.819(19), MSC.53(66) и MSC.74(69), положения стандарта МЭК 61108-1 (разделы 1, 2 и 4), а также технические требования Росморфлота ДМТ-29/53-41 и ДМТ-29/53-51. Для обеспечения надежного обмена данными между датчиками и центральным вычислительным блоком должны использоваться цифровые последовательные интерфейсы RS-232 или RS-422.

Навигационное оборудование судового сегмента АТК должно функционировать в режиме полноценной навигационной станции, обеспечивая одновременный прием и обработку как основных спутниковых сигналов, так и корректирующих поправок. Ключевыми функциями системы являются: постоянное вычисление координат в международной (WGS84) и отечественной (ПЗ-90) системах координат; передача пространственных данных с частотой не менее 1 Гц в выбранной системе координат; мониторинг угловых характеристик судна с частотой 20-40 Гц; автоматическое применение дифференциальных поправок от сервисных дополнений ГНСС; а также непрерывная оценка точности позиционирования. Минимальные требования к точности определения местоположения детально регламентированы в таблице 2.1. Комплекс должен гарантировать надежное выполнение всех навигационных задач при проведении тральных работ на всей акватории внутренних водных путей Российской Федерации.

Таблица 2.2.1.1. Минимальные требования по точности навигационных местоопределений НАП ГНСС ГЛОНАСС/GPS, входящей в состав АТК

Наименование	Значение		
	Судовой сегмент ГЛОНАСС/GPS		
	<i>ГЛОНАСС</i>	<i>GPS</i>	<i>ГЛОНАСС/ GPS</i>
Средняя квадратическая погрешность (СКП) определения координат в плане, [м]	1,50	1,50	1,30
Средняя квадратическая погрешность (СКП) определения координат в плане в дифференциальном режиме от SBAS, [м]	0,6	0,6	0,6
Средняя квадратическая погрешность (СКП) определения координат в плане в дифференциальном режиме от ДГНСС, [м]	0,10	0,10	0,10
точность определения курса	не хуже 0,05°		
Количество каналов приема	Не менее 12	Не менее 12	Не менее 24
Порты для передачи данных	не менее двух портов RS-232 / 422		

### 2.2.2. Перспективное гидрографическое оборудование для проведения тральных работ на ВВП РФ

В ближайшей перспективе модернизация российских автоматизированных комплексов будет связана с внедрением современных технологий площадного обследования дна. Наиболее перспективными решениями для внутренних водных путей являются батиметрические системы на основе многолучевого зондирования и лидарные комплексы. (рис. 2.2.2.1).



Рисунок 2.2.2.1 – Перспективное навигационное оборудование для проведения тральных работ.

Функционирование современных многолучевых гидролокационных систем базируется на генерации направленных акустических пучков. Специальная антенная решетка или электронные методы формирования диаграммы направленности создают веерообразное излучение, ориентированное перпендикулярно курсу судна (рис.2.2.2.2).

Ключевые особенности технологии:

- Использование фазированных антенных решеток
- Электронное управление характеристиками излучения
- Веерная схема расположения акустических лучей
- Строгая ортогональность плоскости сканирования относительно направления движения

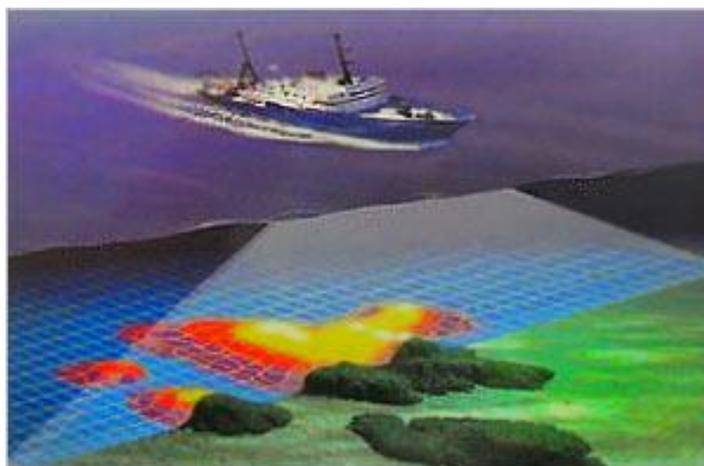


Рисунок 2.2.2.2 – Принцип работы многолучевого эхолота.

Многолучевые гидролокационные системы используют антенные решетки для формирования веерообразного акустического пучка, направленного перпендикулярно движению судна. Ширина обследуемой полосы обычно в 3-7 раз превышает глубину акватории. Современные модели отличаются количеством акустических лучей (от десятков до сотен), методами их формирования и алгоритмами обработки получаемых данных. Для обеспечения высокой точности измерений такие системы комплектуются дополнительным оборудованием: высокоточными навигационными приемниками, инерциальными измерительными блоками для учета пространственного положения судна, а также гидрофизическими зондами для измерения вертикального распределения скорости звука в водной толще.

Ведущими производителями в данном сегменте являются компании Reson, Kongsberg и Simrad.

В таблицах 2.2.1.2. и 2.2.1.3. приведены основные технические характеристики многолучевых эхолотов производства компаний Reson и Kongsberg.

Таблица 2.2.1.2. Основные технические характеристики многолучевых эхолотов Reson

Модель <u>SeaBat</u>	Частота, кГц	Глубина под излучателем, м	Возможная глубина погружения излучателем, м	Ширина захвата (коэфф. к глубине)	Кол-во лучей
8125	455	120	600 и 1,500	3.5	240
8101	24	300	120, 1, 500 и 3,000	7.4	101
8124	200	400	100	3.5	101
8111	100	1000	100	7.4	101
8160	50	3000	100	7.4	126
8150	12и/или 24	12,000	100	5	

Таблица 2.2.1.3. Основные технические характеристики многолучевых эхолотов Kongsberg

Модель	Частота, кГц	Глубина под излучателем, м	Ширина захвата отношение к глубине D максимальная, м	Кол-во лучей
EM 3000S	300	0.5-150	4xD/200	127
EM 3000D	300	0.5-150	10xD/250	254
EM 2000	200	1-250	7.5xD/300	111
EM 1002	95	2-1000	7.5xD/1250	111
EM 300	30	5-5000	5.5xD/5000	135
EM 120	12	50-11000	6xD/25000	191
EM 121	12	10-11000	3.5xD/25000	121

В качестве примера рассмотрим многолучевой эхолот ResonSeaBat 7125 (рис. 2.2.2.3).



Рисунок 2.2.2.3 – Состав оборудования ResonSeaBat 7125.

Излучатель комплекса работает в частотном диапазоне 200-400 кГц с максимальной глубиной сканирования до 400 метров. Современные комплексы часто интегрируются с лазерными сканерами (такими как OrtechHD) и высокоточными навигационными системами (Applanix POS-MV, DGPS Omnistar). Комплексная обработка данных от многолучевых эхолотов и лидарных систем позволяет создавать детальные трехмерные модели донного рельефа. Следует отметить, что стоимость вспомогательного навигационного и измерительного оборудования может достигать значительной части общих затрат на оснащение гидрографического судна.

Данные, полученные в результате совместной работы многолучевого эхолота и лазерного сканера, представлены на (рис. 2.2.2.4).

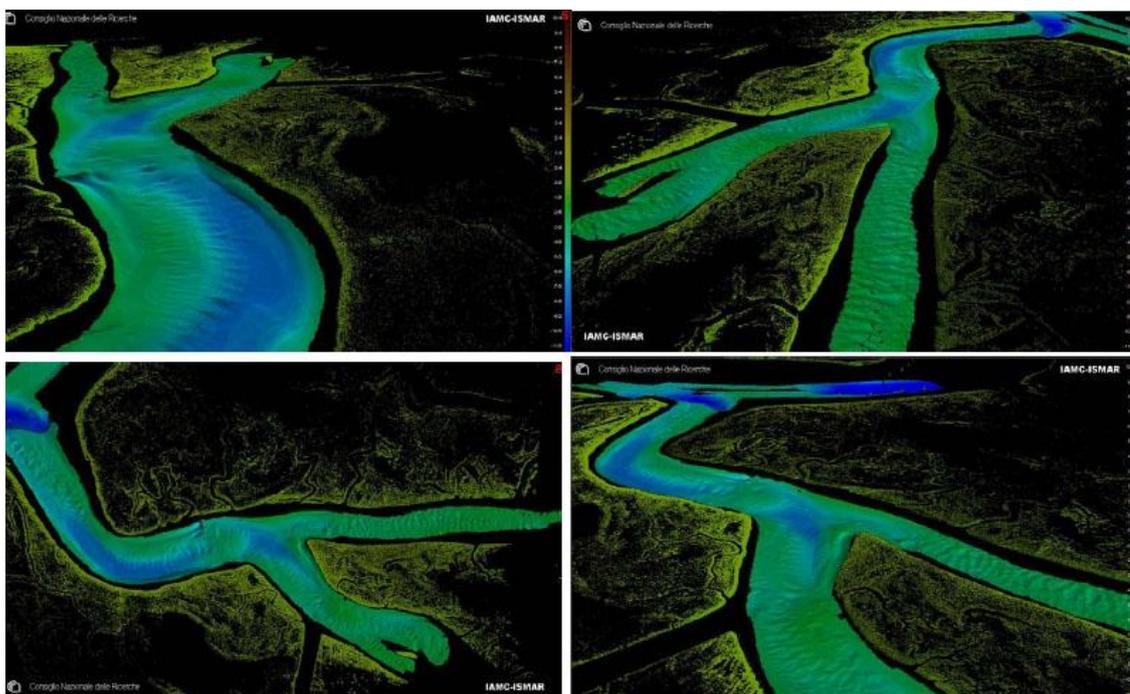


Рисунок 2.2.2.4 – Пример данных, полученных с использованием ResonSeaBat 7125.

Многочувствительные эхолоты уже несколько десятилетий успешно применяются при океанографических и нефтегазовых изысканиях на значительных глубинах. Однако их адаптация для работы на мелководных внутренних водных путях потребовала существенного повышения вычислительных мощностей. Это объясняется необходимостью резкого увеличения частоты зондирования при обследовании небольших глубин для обеспечения полного покрытия донной поверхности, что неизбежно ведет к экспоненциальному росту объемов обрабатываемой информации.

В условиях внутренних водных путей специалисты отдают предпочтение интерферометрическим гидролокаторам бокового обзора (ИГБО). Эти системы демонстрируют на 30-40% более высокую производительность при сохранении качества батиметрических данных по сравнению с традиционными многочувствительными решениями. ИГБО представляют собой усовершенствованную версию классических гидролокаторов, дополненную специальными фазовыми приемными

каналами, что позволяет существенно расширить их функциональные возможности.

Главными достоинствами интерферометрических технологий являются существенно упрощенная аппаратная часть (всего 7 каналов вместо сотен у многолучевых систем), сниженная стоимость оборудования и возможность построения точных батиметрических карт на полосе шириной до шести глубин. При этом полностью сохраняются все функции традиционных гидролокационных комплексов.

Российские производители разработали линейку интерферометрических гидролокаторов "Гидра", специально адаптированных для решения широкого круга задач:

- оперативной визуализации подводной обстановки
- комплексного анализа гидрографических данных
- детального исследования рельефа дна
- поиска и идентификации подводных объектов

Комплексы работают в ультразвуковом диапазоне и эффективны на глубинах от нескольких метров до 500 метров. В процессе движения судна оператор получает детализированное акустическое изображение в реальном времени, что позволяет оперативно корректировать маршрут обследования. Система поддерживает несколько специализированных режимов работы, включая точные промерные измерения, комплексный боковой обзор, комбинированное эхолотирование и параметрическое профилирование донных отложений.

Работа с комплексом включает несколько последовательных этапов: подготовительные мероприятия, проведение съемки с параллельной фиксацией данных, последующую камеральную обработку результатов и формирование итоговых отчетных материалов. Подробные технические характеристики интерферометрического гидролокатора "Гидра" представлены в таблице 2.2.1.4, демонстрирующей его высокую

эффективность при решении разнообразных гидрографических задач на обширных акваториях.

Таблица 2.2.1.4. Основные технические характеристики интерферометрического гидролокатора бокового обзора Гидра

Параметр	Значение	Примечание
Размещение	Мобильное или стационарное	
Используемые суда	Все типы судов	
Конструктивное исполнение	Раздельное (антенны и электронная часть размещаются в разных корпусах) или моноблок (антенны и электронная часть в едином корпусе)	
Средние рабочие частоты, кГц	100, 300	В зависимости от модели
Диапазон рабочих глубин, м	1-500	В зависимости от средней рабочей частоты
Полоса захвата АИ (обзора)	до 10 глубин с каждого борта (суммарная полоса обзора - до 20 глубин)	В зависимости от гидрологии места съемки и состояния воды
Максимальная наклонная дальность, м	до 1500	В зависимости от средней рабочей частоты
Среднее разрешение по наклонной дальности, см	от 7 до 3	В зависимости от средней рабочей частоты
Напряжение питания	=10..27В	
Варианты источников питания	аккумулятор любого типа, борсеть =10..27В, борсеть =110..220В (через дополнительный блок питания), борсеть ~110..220В или электрогенератор ~110..220В (через дополнительный блок питания)	

Параметр	Значение	Примечание
Встроенные датчики	Двухсистемный навигационный приемник GPS+ГЛОНАСС с точностью 3м или 0.1м	Опционально, в зависимости от модели
Поддержка внешних датчиков	приемник навигации (NMEA); датчики курса, крена, дифферента, скорости звука в воде, профиля скорости звука в воде; система антенных датчиков САД	Опционально, в зависимости от модели
Управление	IBM PC совместимый компьютер с <u>Windows</u> , линия связи - Ethernet	
Программное обеспечение	Программа съемки <u>HuScan</u> , конверторы данных, программы вторичной обработки	

На международном рынке гидроакустического оборудования особой популярностью пользуются интерферометрические гидролокаторы бокового обзора линейки GeoSwath от компании Kongsberg. В частности, модели GeoSwathPlus и их компактная версия GeoSwathPlusCompact зарекомендовали себя как наиболее технологически совершенные и функциональные решения в своем классе, (рис. 2.2.2.5).



Рисунок 2.2.2.5 – Состав оборудования KongsbergGeoSwathPlus.

Характеристики комплекса, в зависимости от рабочей частоты, приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.2.1.5. Основные характеристики комплекса при различных рабочих частотах

<b>GeoSwathPlus</b>	<b>125 кГц</b>	<b>250 кГц</b>	<b>500 кГц</b>
Максимальная глубина под излучателем, м	200	100	50
Максимальная ширина захвата, м	780	390	190
Максимальное количество глубин	до 12		
Разрешение по глубине, мм	6	3	1,5
Ширина суммарной диаграммы направленности приёмной и передающей антенны (по горизонтали)	0,85°	0,75°	0,5°
Максимальная частота обновления данных	до 30 раз в секунду (зависит от амплитуды)		
Размеры излучателя, мм	661*411*325	360*352*150	330*109*75
Вес излучателя, кг	44	20	16,8
Размеры вычислительного блока, мм	490*430*280		

В настоящее время поставки рассмотренного оборудования в Россию носят единичный характер, что не позволяет сделать окончательные выводы о его эффективности для тральных работ на внутренних водных путях. Для объективной оценки целесообразности использования таких систем требуется проведение комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Недостаток практического опыта эксплуатации затрудняет формирование однозначных рекомендаций по выбору оптимальных технических решений.

Среди современных методов лидарной съемки особого внимания заслуживает технология лазерного зондирования глубины. Принцип действия основан на фиксации временной разницы между сигналами, отраженными от водной поверхности и донного рельефа. Этот временной интервал позволяет точно определить глубину в точке воздействия лазерного луча (рис. 2.2.2.6). Метод отличается высокой точностью и оперативностью получения данных.

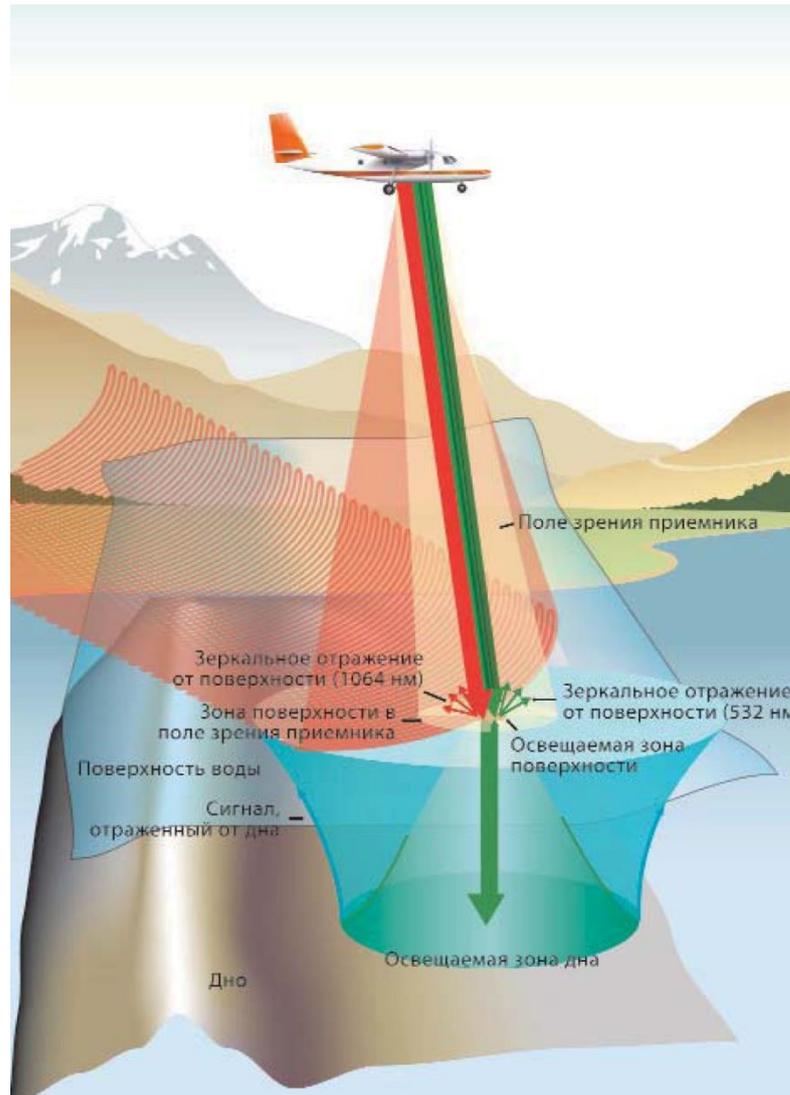


Рисунок 2.2.2.6 – Принцип работы системы лазерной батиметрии.

Система SHOALS-3000 производства компании Ortech представляет собой наиболее совершенную реализацию лазерной батиметрии. Ее ключевой особенностью является использование инновационного алгоритма обработки данных, анализирующего форму волнового фронта отраженного сигнала. Такой подход обеспечивает существенное повышение точности измерений по сравнению с традиционными методами. Технология демонстрирует значительный потенциал для применения в гидрографических работах на внутренних водных путях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ существующих методик траления выявил ряд существенных проблем в организации данного вида работ. Основные сложности связаны с необходимостью трудоемкой подготовки акватории перед началом операций. Существенно снижает эффективность низкая производительность процесса, обусловленная особенностями перемещения тральных конструкций - самосплавом или буксировкой на малых скоростях.

### Ограничения существующих технологий

Значительным препятствием для круглосуточной работы является невозможность точного позиционирования тралов в темное время суток. Современные системы спутниковой навигации фиксируют лишь координаты судна, не обеспечивая контроля за фактическим положением самой тральной конструкции. Это приводит к невозможности определения проекции рабочей части трала относительно заданного галса и его траектории движения.

### Проблемы документооборота и автоматизации

Существующая система отчетности, основанная на бумажных носителях, создает серьезные трудности при оперативной передаче данных в территориальные управления, особенно при работе в удаленных районах. Современные методики и оборудование не позволяют перевести процесс траления на автоматизированный режим, что существенно ограничивает его эффективность.

### Перспективы модернизации

Анализ структуры передачи данных в бассейновых управлениях позволил сформулировать требования к составу и качеству получаемой информации. Установлено, что существующие навигационные комплексы не способны обеспечить автоматизацию тральных работ с формированием защищенных электронных отчетов. Это обуславливает необходимость разработки специализированного автоматизированного трального комплекса

с четко определенными характеристиками, включая требования к точности измерений.

#### Технологии передачи данных

Для оперативного обмена информацией необходимо использовать беспроводные каналы связи. На европейской территории России предпочтение следует отдавать сотовым сетям, тогда как для сибирских и дальневосточных регионов оптимальным решением станут спутниковые системы связи, такие как Inmarsat и Iridium, доказавшие свою эффективность в условиях высоких широт.

#### Перспективное оборудование

В ходе исследования рассмотрены современные навигационные системы, потенциально пригодные для использования при проведении тральных работ на внутренних водных путях страны. Их внедрение позволит существенно повысить эффективность и качество выполнения данного вида работ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по содержанию навигационного оборудования внутренних судоходных путей (временная). М.: Минтранс РФ, 1997
2. Галкин Р.Н. Пособие путевому мастеру по судоходной обстановке. – М.: Транспорт, 1973
3. Гришанин К.В., Дегтярев В.В., Селезнев В.М., Водные пути. - М.: Транспорт, 1986
4. Зернов В. А. , Журавлев М. В., Гладков Г. Л. Навигационное оборудование внутренних водных путей. СПб: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013
5. Порочкин Е. М., Зарбаилов А. Ю. Внутренние водные пути СССР. М.: Транспорт, 1975
6. Воронцов В. М., Кривошей В. А., Разгуляев А. Б., Савенко В. И. Внутренние водные пути России. М.: По Волге, 2003
7. Перечень внутренних водных путей Российской Федерации. Утв. распоряжением Правительства РФ от 19 декабря 2002 г. № 1800-р
8. Программа категорий средств навигационного оборудования и сроков их работы, гарантированных габаритов судовых ходов в навигацию 2012-2014 годов по Федеральным государственным учреждениям. Минтранс РФ, 2012
9. Руководящий документ Росречфлота РД 152-013-01 "Система отображения электронных навигационных карт ВВП. Общие технические требования", 2001г.
10. Руководящий документ Росречфлота РД 152-012-01 "Электронные навигационные карты ВВП. Общие технические требования", издание 1.1 доработанное в 2004г. по предложениям ГБУВПиС, согласованное в 2009 г. с европейским стандартом Inland ECDIS Standard 2.1 в части правил кодирования объектов (Приложение В).

11. Карты внутренних водных путей РФ. Минречфлот РСФСР, Минтранс РФ, 1970-2013 гг.
12. Каталог карт, схем судовых ходов и пособий для плавания по внутренним водным путям РФ. Минтранс РФ, 1993
13. Рычагов Г.И. Общая геоморфология : учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006
14. Соколов А. А. Гидрография СССР. Гидрометеиздат, Л., 1952
15. Справочник гидрографа по терминологии. Под ред. Е. И. Кузнецова. Л.: ГУНиО МО, 1984
16. Тоняев В. И. География внутренних водных путей СССР. М.: Транспорт, 1984
17. Производитель гидрографического оборудования.<http://www.teledyne-reson.com>
18. Производитель гидрографического оборудования. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.km.kongsberg.com> (дата обращения: 14.11.2024).
19. Компания, предоставляющая услуги лидарной съемки. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.optech.ca/russia> (дата обращения: 25.12.2024).
20. Система спутниковой связи Iridium. [Электронный ресурс]. URL: <http://iridium-russian.ru> (дата обращения: 02.01.2025).
21. Система спутниковой связи Globalstar. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.globalstar.co> (дата обращения: 13.01.2025).
22. Система спутниковой связи Inmarsat. [Электронный ресурс]. URL: [www.inmarsat.com](http://www.inmarsat.com) (дата обращения: 01.02.2025).
23. Михаил Евсиков, Сергей Матвеев. Globalstar: спутниковая система персональной связи. Электронная публикация.
24. Эволюция стандартов связи от GPRS до LTE. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.r2c-pro.ru/info/evolyutsiya\\_standartov\\_svyazi\\_ot\\_gprs\\_do\\_lte](http://www.r2c-pro.ru/info/evolyutsiya_standartov_svyazi_ot_gprs_do_lte) (дата обращения: 24.03.2025).