

## КАК УПРАВЛЯЮТ ДВИЖЕНИЕМ НА МОРЕ

В.М. Гриняк

*Статья посвящена обзору современных технологий, объединенных понятием «управление безопасным движением судов». Рассматриваются принципы организации и работы современных систем управления движением судов, история их развития.*

Вот уже несколько столетий морские грузоперевозки являются самым эффективным способом перевозки грузов. Особенно большую значимость они приобрели в середине прошлого века, когда внедрение на морском транспорте стандартных контейнеров произвело настоящую революцию в этой отрасли.

При планировании морских перевозок и проектировании соответствующей инфраструктуры соображения безопасности также необходимы, как и экономические. С ростом объёма грузопотоков растёт и потенциальная угроза возникновения нештатных ситуаций. Как показали экспериментальные исследования, наибольшее число аварий на водном транспорте совершается в зонах ответственности портов и на подходах к ним. В связи с этим наибольшей остроты проблема безопасного движения на море приобретает в ограниченных водах и в стеснённых условиях плавания.

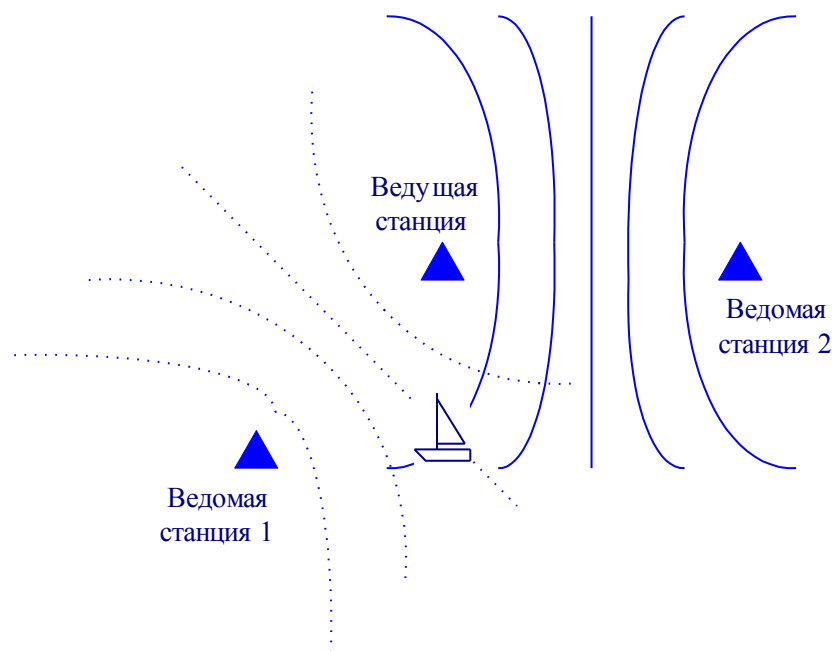
Анализ проблем безопасного движения и модельных представлений совместного плавания судов указывает на исключительную важность знания судоводителем точных значений навигационных элементов судна. К таким элементам относятся глобальные и местные координаты, а также абсолютная и относительная скорость движения. В условиях характерной для стеснённых вод быстроизменяющейся обстановки плавания современными правилами судовождения для предоставления информации о навигационных элементах регламентировано применение автоматизированных навигационных средств.

В зависимости от размеров зоны обслуживания указанные навигационные средства принято подразделять на глобальные, региональные и локальные. Они реализуются с помощью самых различных технических инструментов, основными из которых современность сделала спутниковые и наземные радионавигационные станции. В основу их работы положены модели хорошо изученных физических явлений, в частности, законы распространения радиоволн и изменения параметров радиосигналов в пространстве и во времени.

Глобальная навигационная система «Омега» является сверхдлинноволновой разностно-дальномерной радионавигационной системой с синхронизацией фазы сигналов, излучаемых опорными наземными передающими радиостанциями. Все станции равнозначны, синхронизированы относительно международного атомного времени и составляют одну цепь глобального действия. Станции в системе работают непрерывно, излучая сигналы на установленных частотах, чередующиеся в определённой последовательности, повторяя цикл излучения каждые 10 секунд. На судне специальным приёмоиндикатором измеряются разности фаз на частотах навигационных сигналов, принятых от выбранных пар станций. Дальность действия системы «Омега» составляет 8000..10000 км, причём использовать сигналы станций, расположенных ближе 800 км не рекомендуется. Погрешность определения навигационных параметров (координат судна) составляет около 1500 метров.

Региональная радионавигационная система «Лоран-А» является разностно-дальномерной радионавигационной системой с синхронизацией моментов излучения импульсных радиосигналов, излучаемых опорными наземными передающими радиостанциями. Каждая цепь системы «Лоран-А» состоит из двух или более пар станций, излучающих сигналы, как правило на одной и той же рабочей частоте. Сигналы каждой

пары излучаются с одинаковым, только этой паре присвоенным периодом повторения радиопульсов, который служит отличительным признаком пары. Ведомая станция излучает сигналы с кодовой задержкой относительно сигналов ведущей. На судне с помощью специального приёмоизмерительного устройства измеряются интервалы времени между моментами прихода импульсных радиосигналов, принятых от ведомой и ведущей станций подходящей пары. Дальность действия системы «Лоран-А» составляет 1000-2600 км, точность определения навигационных параметров - от 450м до 1200м. В настоящее время во всём мире работают более 80 станций системы «Лоран-А». Они обеспечивают навигацию на площади около 30 процентов северного полушария Земли.



*Рисунок 1. Принцип работы разностно-дальномерных навигационных систем. Для измерения расстояния определяется время распространения электромагнитного импульса от одной точки местности до другой. Импульсы излучаются парой наземных синхронизированных передатчиков, разнесенных на большое расстояние друг от друга (на рисунке – станции). На судне установлен приёмоиндикатор, который измеряет промежуток времени между приходом этих импульсов, что позволяет определить разность дальностей от судна до пары передающих станций. Соответствующим геометрическим местом точек местоположения судна будет в этом случае гипербола (пунктирные линии для пары станций «ведущая – ведомая 1» и сплошные для пары станций «ведущая – ведомая 2»). Пересечение двух соответствующих гипербол и дает точку навигационного положения судна (кораблик на рисунке).*

Региональная радионавигационная система «Лоран-С» является разностно-дальномерной радионавигационной системой с синхронизацией моментов излучения и фазы импульсных радиосигналов, излучаемых опорными наземными передающими радиостанциями. Станции всех цепей «Лоран-С» работают на одной и той же рабочей частоте. Каждая цепь состоит из одной ведущей и двух-пяти ведомых станций, работающих с одинаковым, только этой цепи присущим периодом повторения импульсов. Ведомые станции излучают сигналы с различными индивидуальными задержками. На судне с помощью приемоизмерительного устройства измеряются интервалы времени между импульсными сигналами, принятыми от ведущей и ведомых станций. Точность измерения существенно повышается, когда интервалы времени дополнительно

уточняются по сдвигу фазы несущей частоты. Дальность действия системы «Лоран-С» составляет от 800 до 4000 км, точность определения навигационных параметров от 100 до 1200 метров в зависимости от информационной ситуации. В настоящее время на побережье Атлантического и Тихого океанов работают свыше 30 станций, входящих в семь цепочек. Они обслуживают 75 процентов поверхности северного полушария.

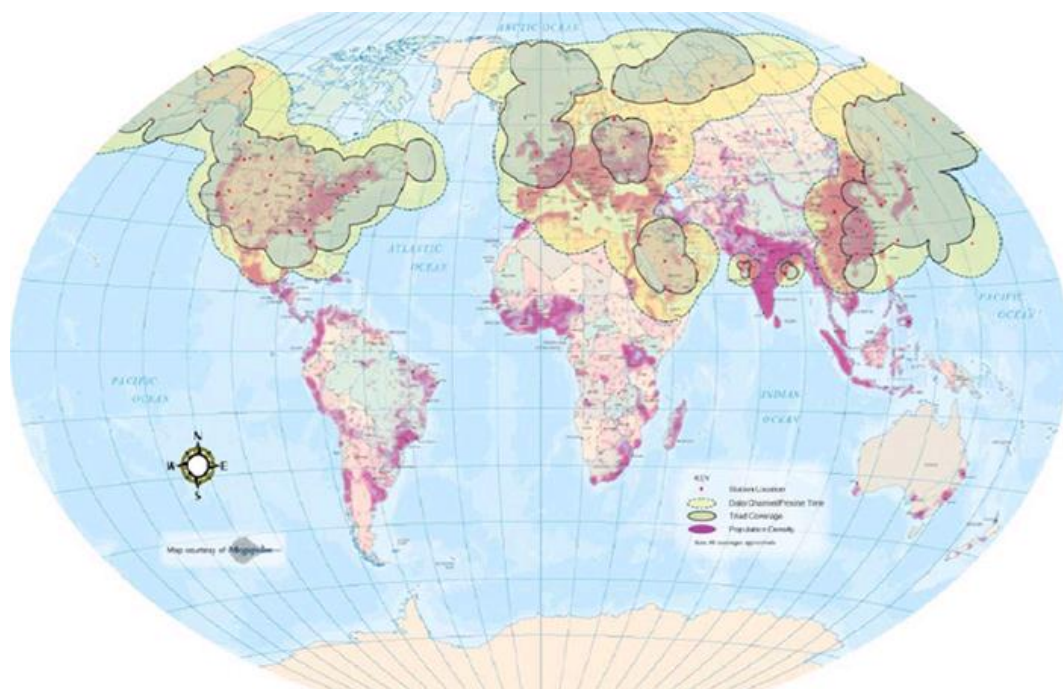


Рисунок 2. Рабочие зоны системы Лоран-С. Рисунок взят с сайта <http://www.internavigation.ru>

Региональная радионавигационная система «Декка» является разностно-дальномерной радионавигационной системой с синхронизацией фазы сигналов, излучаемых опорными наземными передающими радиостанциями. Цепь системы «Дека» состоит из одной ведущей и двух-трех ведомых станций. Дальность действия системы около 500 км, использовать сигналы станций, расположенных ближе 5 км не рекомендуется. Точность определения места объекта составляет 50..200 метров. Наибольшее распространение система «Декка» получила в морском судовождении при плавании вблизи берегов. В настоящее время в мире установлено более 50 цепочек этой системы. Они обслуживают плавание в прибрежных водах Европы, Индии, Японии, Австралии.

В 60 годы XX века были созданы и введены в эксплуатацию первые спутниковые радионавигационные системы - система ТРАНЗИТ (США, позднее получила название НАВСАТ) и система ЦИКАДА (СССР). Низкоорбитальные системы первого поколения обладали существенными недостатками, такими как невозможность определения высоты объекта, низкая точность определения координат (70 – 100 м.) и длительные перерывы в сеансах навигации (от 0.5 до 2 часов).

Потребность в оперативной высокоточной навигации морских, воздушных и низколетящих космических объектов обусловили создание в 80-90 годах среднеорбитальных систем второго поколения - системы GPS в США и системы ГЛОНАСС в России. Основное назначение систем второго поколения - глобальная оперативная навигация приземных подвижных объектов.

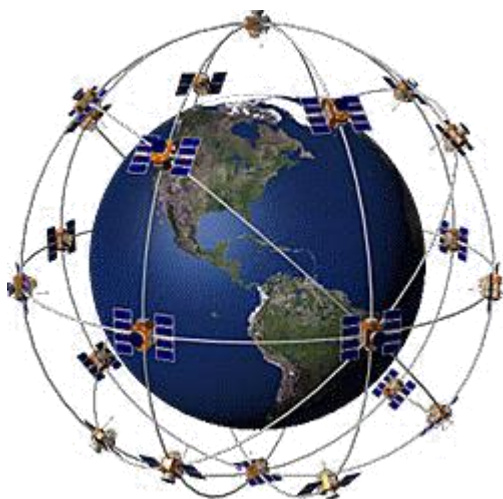


Рисунок 3. Схема расположения спутников системы GPS. В состав спутниковой системы GPS входят 24 искусственных спутника Земли, находящихся на 6 различных круговых орбитах, которые расположены под углом  $60^\circ$  друг к другу. Период обращения одного спутника - 12 часов. Вес каждого спутника около 787 кг, размер более 5 м. Рисунок с сайта [www.gp-s.ru](http://www.gp-s.ru)

Принципы построения систем GPS и ГЛОНАСС в общих чертах идентичны, но отличаются техническим выполнением подсистем. В них применяются навигационные космические аппараты (24 спутника) на круговых геоцентрических орбитах с высотой около 20000 км над поверхностью Земли. На объекте имеется возможность одновременного приёма радиосигналов не менее, чем от четырёх спутников. Результаты измерений позволяют определить три координаты объекта и три составляющие его вектора скорости. При этом обеспечивается определение навигационных параметров движущихся морских объектов в любой точке земного шара с точностью до 3-5 метров.



Рисунок 4. Схема работы лазерной системы швартовки крупнотоннажных судов, установленной на нефтеналивном терминале Шесхарис в Новороссийске. Лазерные датчики, установленные на причале, измеряют дальность до судна и скорость сближения по корме и носу. Система предназначена для повышения безопасности в процессе причаливания и швартовки судов, а также мониторинга их состояния после постановки к причалу. Схема с сайта [www.transas.ru](http://www.transas.ru)

Именно спутниковые навигационные системы (несмотря на разнообразие существующих навигационных средств) служат основой навигационного обеспечения в открытом море. Что касается плавания в ограниченных водах, то иногда точность таких систем может оказаться недостаточной. Перспективными в этом отношении оказываются локальные навигационные системы, такие как системы точного позиционирования или микроволновые радиомаячные портовые системы. Так, известна система фирмы Wiproл предназначенная для точного позиционирования судов в портах. Система состоит из четырёх микроволновых береговых радиомаяков, распределённых равномерно вокруг порта и установленных на достаточной высоте для исключения зон тени. Система разработана для использования регулярными портовыми пользователями. Простота в эксплуатации предусматривает минимизацию управления, предоставления максимума информации в ясной и понятной форме. Высокая точность позволяет использовать систему для постановки судна к причалу с погрешностью в 1..2 метра. Приёмные антенны установлены как на носу судна, так и на корме. В связи с этим имеется возможность относить трассу судна, изображаемую на мониторе, либо к носу судна, либо к корме, либо к двум точкам - корме и носу. В настоящее время аналогичные микроволновые, а, также, лазерные навигационные системы выпускаются фирмами Motorola, Del Norte, Sercel и др.



Рисунок 5. Табло лазерной системы швартовки, установленное на нефтеналивном терминале Шесхарис в Новороссийске. Фото с сайта [www.eltrans.ru](http://www.eltrans.ru)

Несмотря на высокую точность, достигаемую в современных системах навигации, их может оказаться недостаточно для безопасного плавания, так как они не решают главной задачи обеспечения безопасного движения в районах портов – координации коллективного плавания судов в насыщенных судопотоках. Решению этой проблемы были посвящены усилия многих стран, в результате которых среди навигационных комплексов появился особый класс технических средств - береговые системы управления движением судов (СУДС) в зоне ответственности портов. В настоящее время системами управления движением судов различной сложности оборудованы практически все подходы к портам и прибрежные районы интенсивного судоходства.

СУДС представляют собой очень сложные в техническом и организационном отношении предприятия. Они различаются по организационной структуре, уровню технической оснащённости, правовому статусу и другим параметрам. По своей роли системы управления движением подразделяются на информационные и распорядительные. К информационным относятся системы, осуществляющие наблюдение за движением судов, сбор, обработку и выдачу на суда различной информации. В таких системах отношения между системой и судном носят характер взаимоотношений

капитана и лоцмана. Подавляющее большинство действующих в настоящее время СУДС на море относятся к информационным.

Характерной чертой распорядительных систем является выдача директивных указаний, обязательных к выполнению (такой способ характерен, в основном, для управления воздушным движением). В то же время, это не означает, что судно управляется полностью с берега. Система даёт лишь общие указания (например, о снижении скорости или изменении полосы движения), а способ выполнения этих указаний выбирает капитан судна. Вопрос об отношениях между распорядительной системой и судном остаётся открытым и совершенствуется по мере развития корабельных и береговых средств автоматизации.

Первый технический комплекс, который с позиций сегодняшнего времени можно назвать системой управления движением судов, был введён в эксплуатацию в 1948 году фирмой «Сэр Роберт Уотсон энд партнеры». Система располагалась на левом берегу в устье реки Мерсей на подходах к Ливерпулю, включала в себя серийную судовую радиолокационную станцию (РЛС) «Сперри Коссор» и аппаратуру УКВ радиосвязи и предназначалась для радиолокационной проводки крупных судов в условиях плохой видимости. В последующие годы аналогичные системы были установлены в Дугласе, Сандерленде, Саутгемптоне, Гавре, Амстердаме, Балтиморе, Ванкувере. Такие системы, которые состояли, в основном, из судовых РЛС и аппаратуры УКВ-радиосвязи, можно отнести к системам первого поколения.



*Рисунок 6. Круизный лайнер на входе в порт Владивосток. На заднем плане – центр управления движением судов в порту Владивосток (мыс Назимова). Современные СУДС рассматриваются как важный и неотъемлемый элемент обеспечения безопасности мореплавания, создаются и функционируют в соответствии с международными и национальными правовыми и нормативными актами. Правило V/19 Международной Конвенции по охране человеческой жизни на море (SOLAS) и связанная с ним Резолюция ИМО А.857(20) определяют, что СУДС создаются в целях охраны человеческой жизни на море, безопасности и эффективности судоходства и защиты окружающей среды. Правительства прибрежных государств обязуются создавать СУДС там, где, по их мнению, достаточно высоки интенсивность судоходства или степень риска аварий. Фото с сайта [www.norfes.ru](http://www.norfes.ru)*

Второй этап развития систем управления движением связан с использованием специализированных береговых РЛС, аппаратура которых имеет ряд преимуществ, например - повышенный уровень визуализации радиолокационной информации. Усовершенствованная аппаратура позволила формировать особые системы управления

движением – «радарные цепочки», представляющие собой несколько береговых РЛС, поддерживающих между собой радиосвязь и предназначенные для обслуживания протяжённых водных путей с интенсивным движением.

Первая такая «радарная цепочка» была введена в эксплуатацию в Голландии в 1956 году. Она состояла из центрального поста и семи обслуживаемых радиолокационных станций, расположенных вдоль Водного пути и охватывающих район, протяжённостью более 30 км. Станции обеспечивали радиолокационное обслуживание судов, посещавших Роттердам, как бы передавая их последовательно от одной станции к другой. В особых обстоятельствах работа всех радаров координировалась из центрального поста, с которым поддерживалась постоянная телефонная связь. Дальнейшее развитие системы управления движением в виде «радарных цепочек» получили с появлением телеуправляемых радиолокационных станций. Первые такие системы были установлены в 1964 году на Нижней Эльбе и на Нижнем Везере и обеспечивали радиолокационную проводку по водным путям протяжённостью 80 и 30 миль соответственно.

Успешная эксплуатация СУДС второго поколения выявила их широкие возможности, в свете которых необходимо было уточнить задачи, возлагаемые на такие системы. В 1973 году в Голландии была создана специальная рабочая группа, которая и сформулировала эти задачи в общем виде следующим образом: «Система управления и регулирования судоходства прежде всего предназначена для повышения безопасности внутри и вокруг судоходной области. Кроме того, подобную систему следует использовать для более эффективного и экономичного использования инфраструктуры гавани и прилегающих к ней водных проходов».



Рисунок 7. Операционный зал СУДС залива Находка. Фото с сайта [www.norfes.ru](http://www.norfes.ru)

Современное судоходство характеризуется постоянным ростом размеров и скоростей судов, увеличением удельного веса крупных судов и повышением плотности движения. При этом объём подлежащей учёту навигационной информации возрастает настолько, что полный круг возникающих проблем может быть решён только с помощью автоматизации функций с использованием ЭВМ и современных средств отображения информации. Автоматизированные СУДС, сохраняя общие структурные принципы «радарных цепочек», представляют собой качественно новый – третий этап развития систем управления движением. Первая такая автоматизированная система была введена в эксплуатацию в Сан-Франциско в августе 1972 года. Эта система состояла из оперативного центра на острове Йерба-Буэна и телеуправляемой радиолокационной станции на мысе Бонита. Обработка данных по судам, плавучим средствам навигации и их

анализ выполнялась подсистемой автоматического захвата и сопровождения, которая могла одновременно обрабатывать до 253 целей. В 1973 году были запущены автоматизированные СУДС для Нью-Йорка, Нового Орлеана, Пюджет-Саунда и Валдиза. В настоящее время подавляющее большинство систем, обслуживающих порты земного шара, являются системами третьего поколения.



Рисунок 8. Центр управления движением судов в заливе Находка. Фото с сайта [www.norfes.ru](http://www.norfes.ru)

Основное отличие СУДС, внедряемых в 2000 годы – использование ими Автоматической идентификационной системы (АИС). Эта система предполагает использование на судах специальных устройств – транспондеров, передающих на берег по запросу береговой СУДС GPS координаты судна, его название, регистрационные данные и служебную информацию, что значительно упрощает работу диспетчеров.

В последние годы появились сообщения о разработке СУДС, которые можно отнести к новому - четвертому поколению. Указанные системы используют экспертную управляющую систему и систему управления базой данных в реальном масштабе времени. Такие системы четвертого поколения, кроме обработки визуальной информации предоставляют оператору для выбора логические решения по оптимальному и безопасному управлению движением судов.

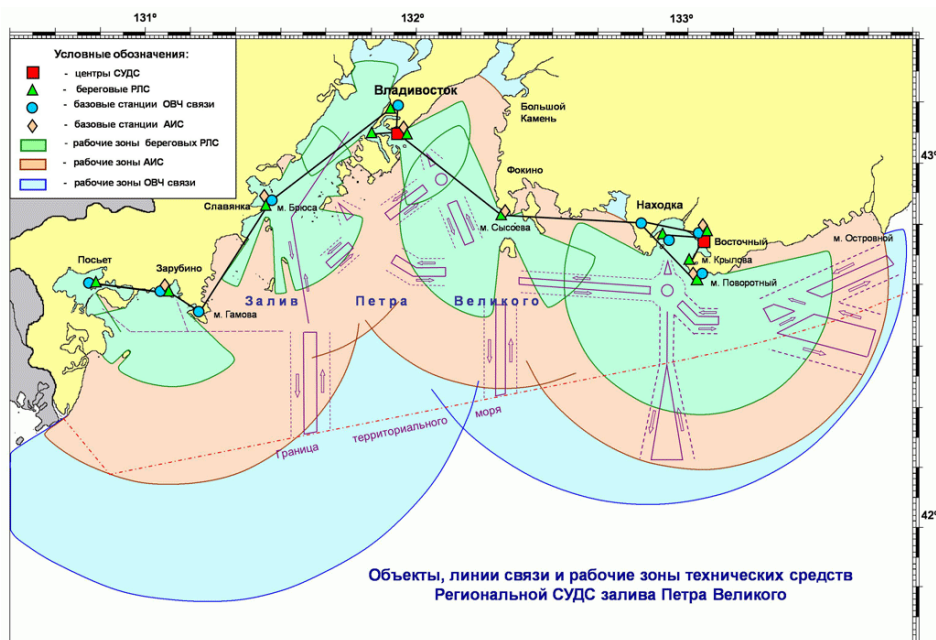


Рисунок 9. Современная конфигурация Региональной СУДС залива Петра Великого. Показаны РЛС на мысах Поворотный, Каменского, Астафьева, Сысоева, Назимова, Брюса, на острове Елены, в портах Зарубино, Посьет и Владивосток. Рисунок с сайта [www.norfes.ru](http://www.norfes.ru)



В нашей стране изучение возможностей и целесообразности внедрения систем управления движением судов началось в 50 годы. Первые простейшие системы были введены в эксплуатацию в Усть-Камчатске и Одессе в 1956 году. В 1961 году промышленностью СССР был выпущен первый образец специализированной РЛС «Раскат», который и был установлен в порту Ленинграда. К 1966 году системы второго поколения, основанные на использовании «Раската», начали действовать в портах Жданов, Ильичёвск и Мурманск, а в конце 70 годов был налажен выпуск новых специализированных РЛС «Океан-М51».

В октябре 1980 года в заливе Находка была введена в эксплуатацию автоматизированная СУДС третьего поколения. Оборудование этой системы было поставлено японской фирмой «ОКІ Electronics». Год спустя была введена в эксплуатацию централизованная автоматизированная СУДС северо-западного района Чёрного моря. До конца 80 годов системами третьего поколения было оборудовано большинство крупных портов нашей страны.

В 90 и нулевые годы, несмотря на все трудности, переживаемые страной, выдающийся успех в деле организации управления движением судов был достигнут в портах залива Петра Великого (Владивосток, Находка, Посьет), объединённых единой Региональной СУДС. Знания и опыт, накопленные управляющей Региональной СУДС компанией «Норфес», в дальнейшем были использованы при организации управления движением на современных принципах во всех портах нашей страны и послужили основой нового отраслевого стандарта. Этот опыт был воспринят и при создании компанией «Транзас» новой отечественной СУДС «НАВИ – ХАРБОР» - системы мирового уровня, внедрённой в настоящее время в крупнейших портах и нашей страны, и целого ряда зарубежных стран.