

УДК 733.34.37.21.05

Сколотнев И. А., к.т.н.

## Телевизионные системы ориентирования

Вынесенное в заголовок сочетание слов почти совсем не известно современным судоводителям, а вместе с тем история "закрытого" развития этого, весьма перспективного и полностью отечественного, направления навигационной техники насчитывает уже более четверти века...

### Начало истории

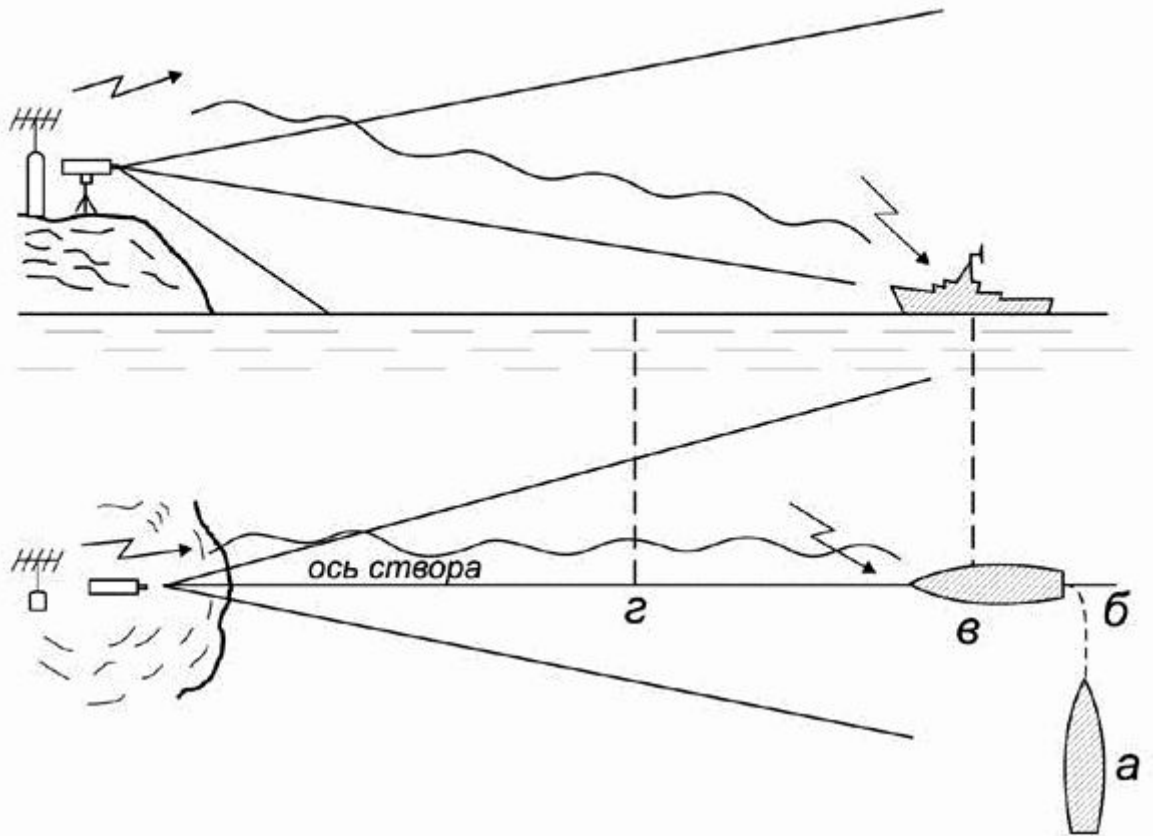
Идея создания таких систем принадлежит талантливому российскому



ученому - Анатолию Петровичу Дубравину. Еще в середине семидесятых годов двадцатого века им были впервые сформулированы и экспериментально проверены на Черноморском флоте принципы построения и работы нового вида средств навигационной техники - телевизионных навигационных систем (ТНС).

В исходном виде предложенная идея заключалась в следующем (см. рис. 1). При необходимости обеспечения проводки судна по прямолинейному галсу, на береговом продолжении этого галса в любой удобной точке устанавливается телевизионная (ТВ) камера и подобно теодолиту горизонтируется и ориентируется по заданному направлению. Формируемое ТВ камерой изображение участка акватории с маневрирующим на ней судном дополняется электронной отметкой в виде тонкой вертикальной линии, проходящей через центр изображения и обозначающей заданное направление. По законам геометрической оптики, проекция этой линии на водной поверхности всегда будет совпадать с линией заданного галса.

Далее полученное таким способом телевизионное изображение по радиоканалу передается на судно, где оно отображается на экране бортового приемоиндикатора, функционально сходного с обычным бытовым телевизором. Судоводитель, в простейшем случае прямо рулевой, наблюдая на экране приемоиндикатора за положением изображения своего судна, осуществляет управление им с целью совмещения центра изображения судна с электронной линией.



**Изображение на экране  
бортового приемоиндикатора**

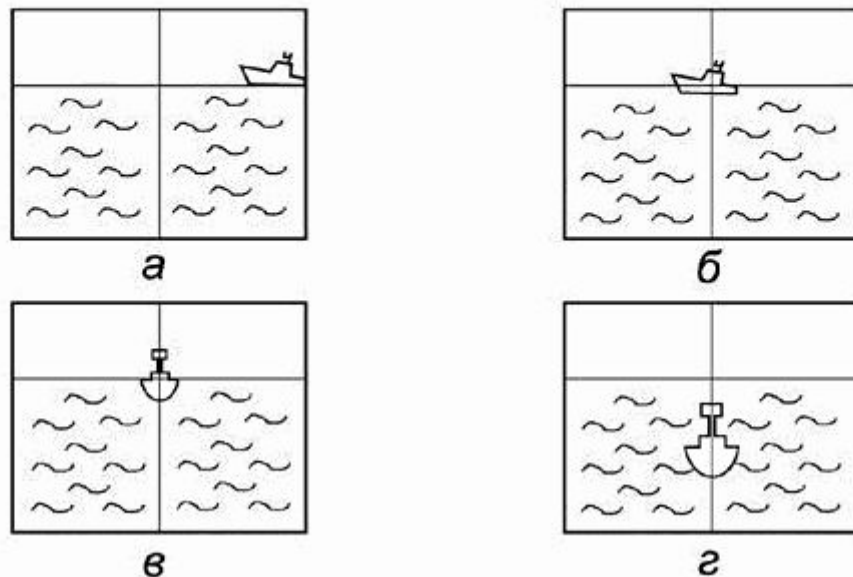


Рисунок 1. Принцип действия ТНС

Вся последующая история таких систем показала, что данная, до гениальности простая идея, обладает огромным числом достоинств. Однако, как это уже стало традиционным для нашей страны, более пяти лет потребовалось новой идее для того чтобы быть просто «услышанной». Но

дальше все пошло не совсем традиционно и причиной этого явились именно уникальные возможности таких систем. В частности, оказалось, что только системы, основанные на этом принципе, в тот период могли обеспечить решение такой важной для ВМФ задачи как вертолетное противоминное траление.

Как известно, особенностью такого режима траления является гибкое соединение трала с вертолетом буксирным тросом длиной более 100 м. При этом их расположение в разных средах (вертолет – в воздухе, а противоминный трал – в воде), сопровождается воздействием на них и существенно различных факторов: сопротивление их движению воды и воздуха, ветра, течения, волн. В этих условиях координирование местоположения вертолета с любой точностью практически не влияет на точность проводки трала по заданному галсу. Применение же системы, когда пилот вертолета может непосредственно следить по телевизионному изображению за положением трала в воде, дает возможность обеспечить надежное решение такой задачи.

О сложности и актуальности в то время данной задачи позволяет судить такой факт, что в 1980 г. сразу двумя специализированными НИИ МО, вместе с ВНИИ Телевидения, и всего за 9 месяцев (!) в соответствии с совместным Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР была проведена внеплановая научно-исследовательская работа «Первоклассность II». В результате этой НИР были разработаны, изготовлены и испытаны в реальных условиях на Балтийском флоте первые экспериментальные образцы телевизионных навигационных систем, сразу нашедшие свое практическое применение. Так например, всего через несколько месяцев после окончания НИР, два таких образца прошли масштабные испытания в обстановке, близкой к боевой, в процессе учений «Запад-81». Там они уверенно продемонстрировали высокую точность и эффективность данного нового вида средств навигационной техники, а также компактность и простоту обслуживания оборудования. После учений эти (по сути макетные!) образцы были переданы на Балтийский и Черноморский флоты, где сразу стали использоваться гидрографическими службами в повседневной работе.

### **Телевизионная навигационная система «ТНС-1»**

На основе экспериментальных образцов в 1983 г. (уже в ходе соответствующей специальной опытно-конструкторской проработки) было создано промышленное оборудование первого поколения таких систем – «ТНС-1». Их серийный выпуск продолжался до 1988 года. Всего было выпущено 14 образцов систем, каждый из которых состоял из трех передающих и шести приемных частей оборудования. Эти 42 передающие и 84 приемные части поступили на вооружение гидрографических служб Черноморского, Балтийского, Северного и Тихоокеанского флотов, Каспийской военной флотилии, а также некоторых других организаций ВМФ.

Система «ТНС-1» (см. рис. 2) характеризовалась следующими основными параметрами:

- погрешность обозначения заданных направлений (без учета погрешности начальной ориентации) – 17 угл. сек.;
- дальность действия радиоканала – до 20 км;
- диапазон рабочих температур – от минус 30°C до +40°C;
- время развертывания передающей и приемной частей – 15 минут;
- масса передающей части – 73 кг, приемной – 36 кг.

Конструктивное исполнение аппаратуры допускало ее установку на береговых пунктах, кораблях и судах всех классов, на вертолетах типов «МИ-8БТ» и «Ка-25». Все эти параметры аппаратуры были тщательно проверены на соответствующих заводских и натуральных испытаниях.

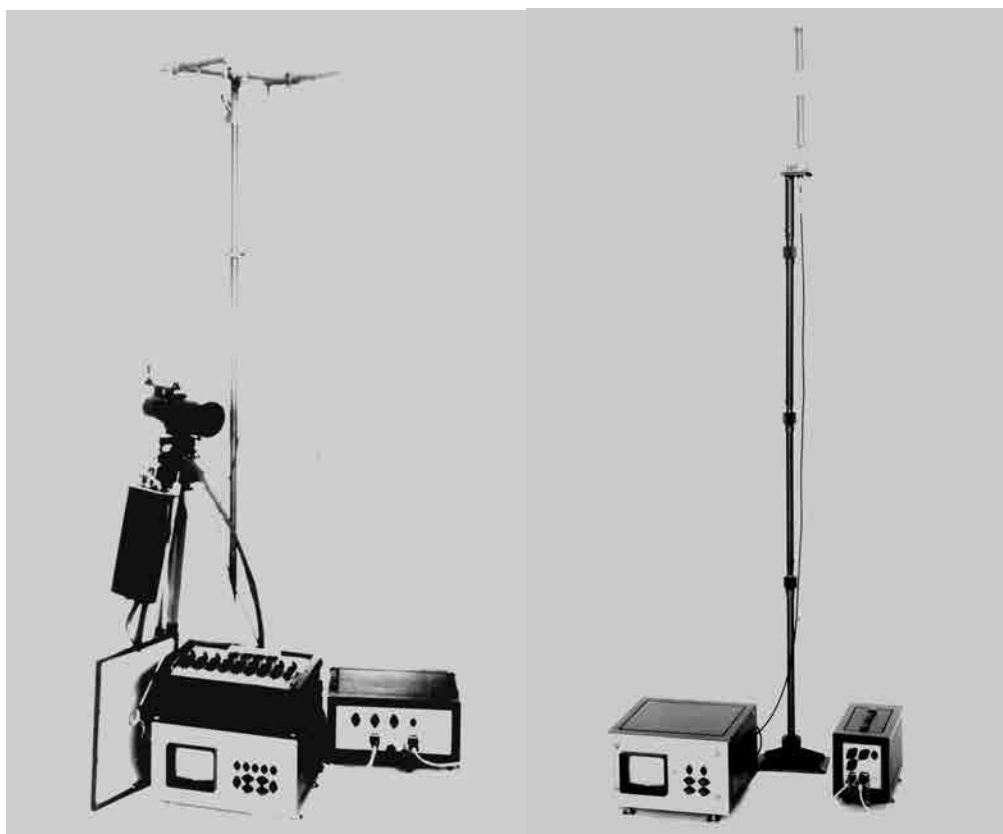


Рисунок 2. Оборудование передающей и приемной частей «ТНС-1»

К сожалению, вследствие необходимости удовлетворения перечисленных весьма жестких требований по условиям эксплуатации аппаратуры (широкие диапазоны температур, влажности, вибраций, ударов и т. п.), массо-габаритные характеристики серийного оборудования возросли, по сравнению с экспериментальными образцами, почти на порядок. Однако и в таком виде системы «ТНС-1» оставались весьма эффективным видом

навигационной техники и широко использовались как для специальных целей, так и для решения вопросов общего мореплавания.

### **Пути развития системы**

Параллельно с разработкой и серийным выпуском системы «ТНС-1», силами сотрудников в/ч 62728 и ряда подразделений ВНИИ телевидения проводились интенсивные теоретические и экспериментальные исследования самых различных аспектов развития данного направления навигационной техники.

Сотрудники войсковой части принимали участие во флотских учениях по корабельному и вертолетному тралению, высадке морских десантов, проводке кораблей по узкостям и при отработке многих других задач. Там же проверялись и многочисленные новые технические решения.



### **Телевизионный створ для морского канала**

Одним из таких новых решений стала разработка, в соответствии с приказом начальника ГУНиО, Экспериментальной Телевизионной Створной Установки (ЭТСУ), созданной на основе оборудования промышленной телевизионной установки ПТУ-47 и дециметрового вещательного ретранслятора РПТДА.



Рисунок 3. Оборудование ЭТСУ

Данная стационарная створная установка создавалась целенаправленно для использования на Санкт-Петербургском морском канале. Именно поэтому в системе был применен серийный вещательный телевизионный радиопередатчик, работавший на 23 дециметровом канале. Такое техническое решение позволяло пользоваться системой любым судам, ведь прием сигналов ЭТСУ мог осуществляться на обычные бытовые стационарные и портативные телевизоры.



Установке оборудования ЭТСУ на морском канале в конце 1983 г. предшествовали его годичные испытания при работе на створе паромной переправы Ломоносов – Кронштадт.

Летом 1984 г ЭТСУ также использовалась для обеспечения координирования дноуглубительных работ на морском канале. Как показали оценки экономической эффективности использования системы для такой цели, срок ее полной окупаемости «за счет сокращения объемов нерационально извлекаемого грунта» составил менее одного месяца!

Эксплуатация ЭТСУ на морском канале в Финском заливе продолжалась около года, после чего оборудование ЭТСУ, в соответствии с приказом ГК ВМФ было передано на Черноморский флот. Там ЭТСУ в

течение ряда лет использовалась для обеспечения безопасности входа и выхода из Севастопольской бухты.

### Строительство маяка на Банке Карпова

Еще одно направление применения систем на основе «ТНС-1» в гидростроительстве было проверено при выполнении координатного обеспечения строительства маяка на Банке Карпова (район нового Таллиннского порта) в апреле 1989 г. В этом случае доработанная система «ТНС-1» использовалась для координирования установки на дне залива реперных бетонных массивов, служивших основой для последующего возведения фундамента маяка. Принципиальной особенностью данной работы являлось требование установки массивов с боковым уклоном не более нескольких десятков сантиметров. Для достижения столь высокой точности выполнения работ, с помощью «ТНС-1» осуществлялось координирование положения непосредственно троса (!), на котором опускались массивы с помощью крана специализированного судна «Иманта», зафиксированного относительно дна на четырех якорях.

Дополнительной спецификой данного применения оборудования «ТНС-1» являлось его размещение на низменном болотистом берегу полуострова Виймси (см. рис. 4), а также выполнение работы в условиях тумана и непрекращающегося дождя.



Рисунок 4. Размещение «ТНС-1» на побережье полуострова Виймси

Несмотря на указанные сложности, работа была успешно выполнена. Система «ТНС-1» обеспечила возможность обозначения и закрепления

реперами на дне Банки Карпова оси симметрии сооружаемого подводного основания маяка с предельной погрешностью менее 0,44 м.

### ТНС на Неве

Свойство систем «ТНС-1» давать оперативную и наглядную информацию об окружающей обстановке возле управляемого подвижного объекта, позволило в конце 1980-х годов предложению по созданию многофункциональной системы на основе такой аппаратуры стать победителем открытого конкурса по проекту "Нева-90", нацеленному на обеспечение управления движением судов на реке Неве, включая комплекс разводных мостов Санкт-Петербурга.

Основными требованиями проекта «Нева-90» в границах Санкт-Петербурга являлось навигационное обеспечение судоходства на акватории большой Невы, особенно на участке, начиная до Финляндского железнодорожного моста и кончая мостом Лейтенанта Шмидта, а также на акватории Малой Невы в районе Биржевого и Тучкова мостов. Также выдвигались требования обеспечения контроля судоходной обстановки на указанных акваториях, включая наблюдение за перемещениями маломерных, экскурсионных, прогулочных и других судов.

Как показал анализ возможных вариантов размещения передающих частей систем типа «ТНС-1», выполнение всей совокупности указанных требований, необходимых для решения задачи навигационного обеспечения проводки судов через комплекс разводных мостов на реке Неве, возможно с помощью 14-16 таких систем. Данное число систем может обеспечить наблюдение и проводку судов через разводные пролеты мостов на реке Неве и ее рукаве Большая Нева. Однако из-за последующего сокращения финансирования проект «Нева-90» в части использования телевизионных навигационных систем реализован не был.



Рисунок 5. Вид навигационной обстановки с моста Лейтенанта Шмидта



## Испытания кораблей

Высокие точности обозначения заданных направлений, возможность выполнения измерений по ТВ изображению в автоматическом режиме, простота и надежность документирования и многие другие положительные свойства систем «ТНС-1» обусловили высокую эффективность их использования при проведении ходовых испытаний кораблей и определении их маневренных элементов и других характеристик (шумности, теплового и магнитного полей и т. п.). Именно для таких целей один из доработанных серийных образцов «ТНС-1» в течение ряда лет успешно использовался на полигоне в поселке Локса (Эстония).

Другим направлением развития таких систем явилось создание на основе оборудования «ТНС-1» автоматической телевизионной мерной линии. В ходе специальных исследований, проводившихся в 1984 – 1991 годах, в реальных условиях была уверенно продемонстрирована возможность использования такого оборудования для тарировки бортовых измерителей скорости широкого спектра самых различных подвижных объектов - от традиционных судов водоизмещающего типа до судов на подводных крыльях, воздушной подушке и экранопланов.

Созданное оборудование позволило обеспечить точности выполнения измерений, недостижимые другими техническими средствами.

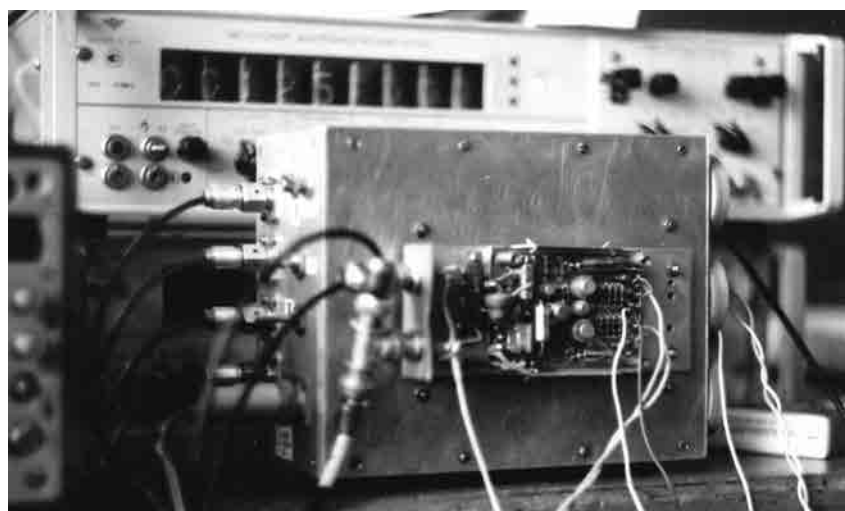


Рисунок 6. Оборудование телевизионной мерной линии

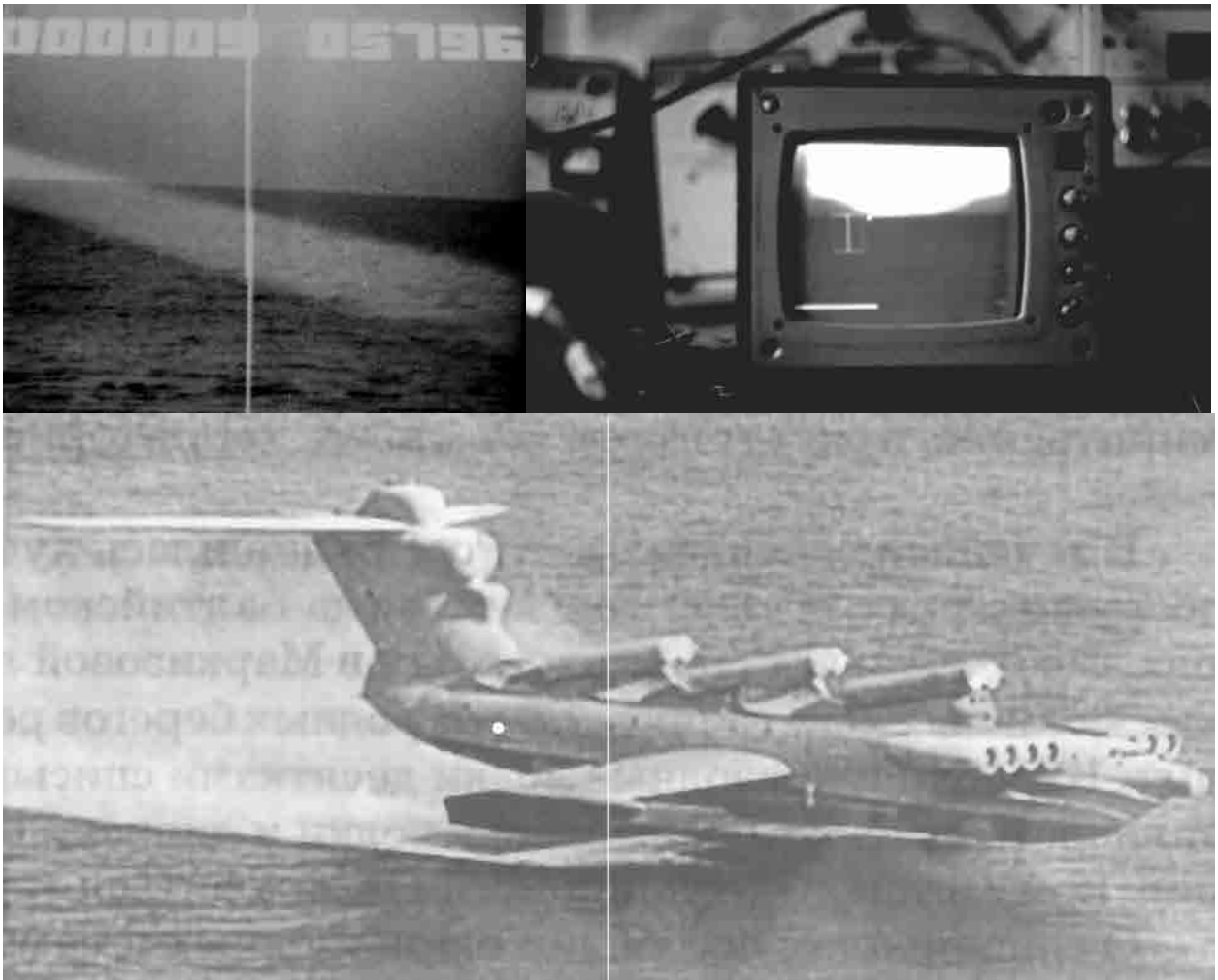


Рисунок 7. Изображения на прямоиндикаторах мерной линии

### **ТНС в авиации**

Особое направление совершенствования систем «ТНС-1» составили исследования (в частности, межведомственная НИР «Тревога-13», 1982 г.), проводившиеся в интересах ВВС и Минавиапрома. Эти исследования были доведены до уровня создания экспериментальных и опытных образцов оборудования и проведения их летных испытаний. Так, например, по инициативе Летно-испытательного института МАП было проведено две серии летных испытаний, прежде всего с целью оценки перспективности использования систем данного типа для решения проблем обеспечения посадки летательных аппаратов на авианесущие корабли и необорудованные аэродромы:

- в 1980 году в г. Саки, с использованием летающей лаборатории (см. рис. 8) на базе самолета АН-24;

- в 1982 году на аэродроме ЛИИ МАП (г. Жуковский) с использованием истребителя МИГ-23УБ.

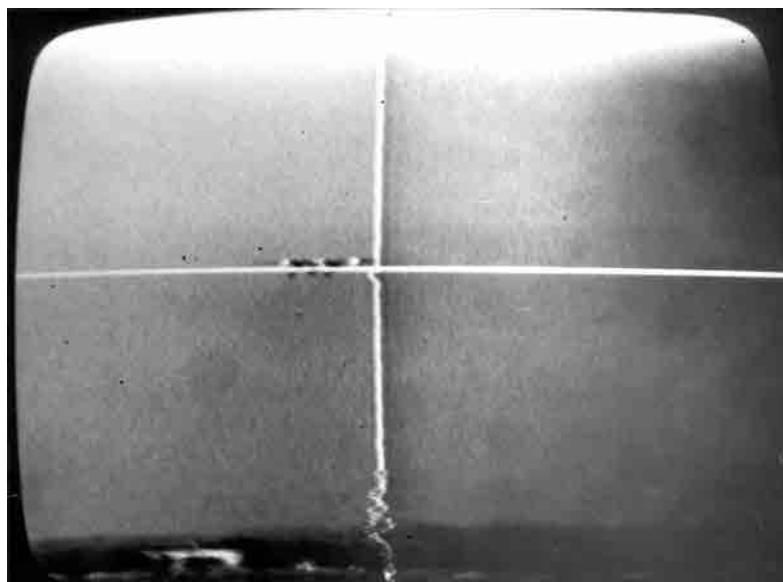


Рисунок 8. Заход на посадку самолета-лаборатории АН-24

В рамках этих испытаний изучались вопросы применения таких систем для управления перемещениями самолетов на этапе их снижения по глиссаде вплоть до точки выравнивания.

Обе серии испытаний, в процессе которых было выполнено несколько десятков заходов на посадку, завершились положительными оценками летчиков-испытателей. Причем, принявший участие в последних испытаниях будущий летчик-космонавт СССР Игорь Волк признал перспективным использование этого способа также и для обеспечения посадки космического корабля «Буран». Впоследствии космонавт И. П. Волк провел успешные испытания прообраза этой системы и при выполнении стыковки корабля «Союз Т-12» со станцией «Салют-7» в июле 1984 г. А упрощенный вариант корабельной системы обеспечения посадки (без радиоканала) установлен и успешно используется на авианесущем крейсере «Адмирал Кузнецов» (см. рис. 9).

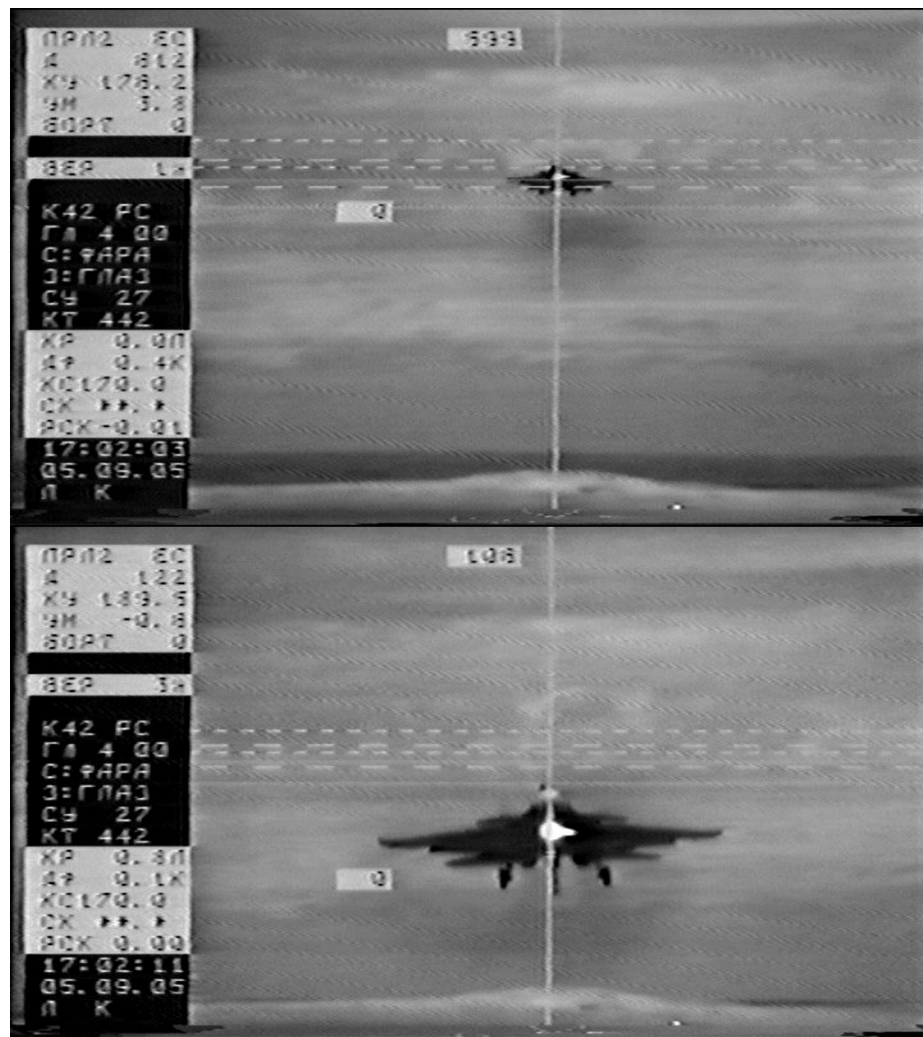


Рисунок 9. Изображения на экране ТВ системы посадки.

### Радионавигационные измерения по телевизионным сигналам

Отдельную группу исследований составила разработка методов реализации высокоточных радиодальномерных измерений непосредственно по телевизионному сигналу «ТНС-1», и как следствие, обеспечение возможности определения пространственных координат и вектора скорости управляемых подвижных объектов. Теоретически и экспериментально (см. рис. 10, 11) изучались варианты реализации радионавигационных измерений в дальномерном, разностно-дальномерном, суммарно-дальномерном и доплеровском режимах в различных условиях. Осуществлялась детальная разработка методов обработки ТВ радиосигналов, обеспечивающих получение наибольшей точности и стабильности отсчетов. Многие оказывались принципиально новым, поэтому макетировались и на практике проверялись все основные узлы аппаратуры, обеспечивающей выполнение таких измерений.

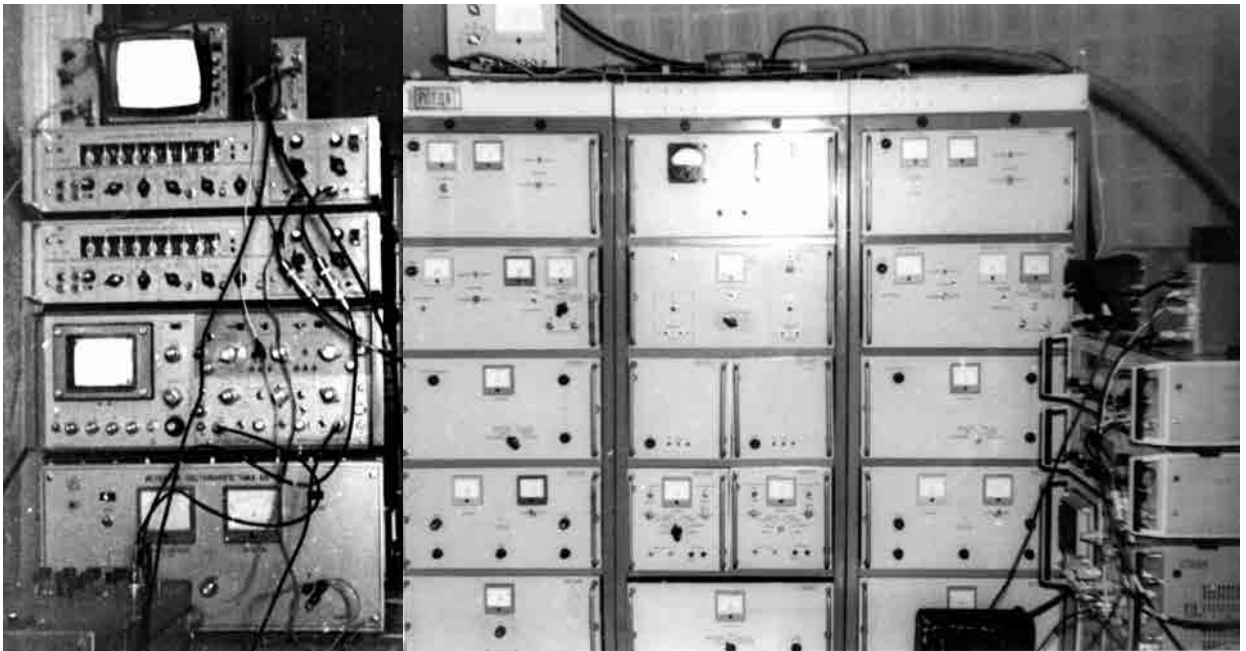


Рисунок 10. Макет селекторно-измерительной и передающей и частей радиодальномерного измерителя по ТВ сигналам

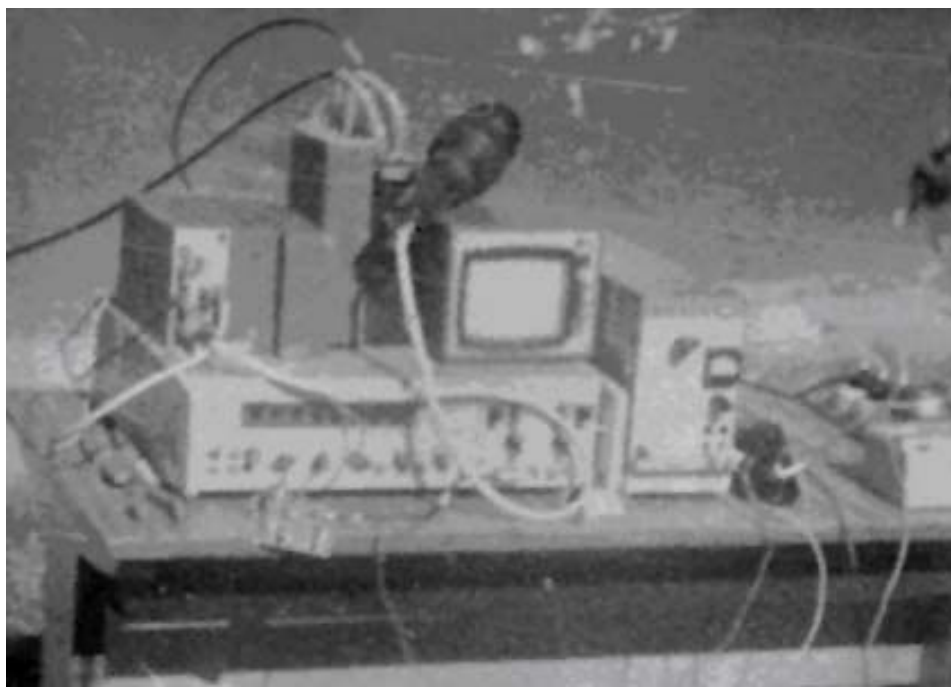


Рисунок 11. Макет береговой части модуля доплеровского радиоизмерителя скорости по ТВ сигналу

Одним из неожиданных «побочных» результатов таких исследований стало выявление возможности выполнения высокоточных радионавигационных разностно-дальномерных измерений и по сигналам существующих сетей наземных вещательных ТВ станций (см. рис. 12, 13). Впоследствии публикации на эту тему появились и в США, однако отечественный приоритет в данной области неоспорим и подтвержден соответствующими авторскими свидетельствами на изобретения.

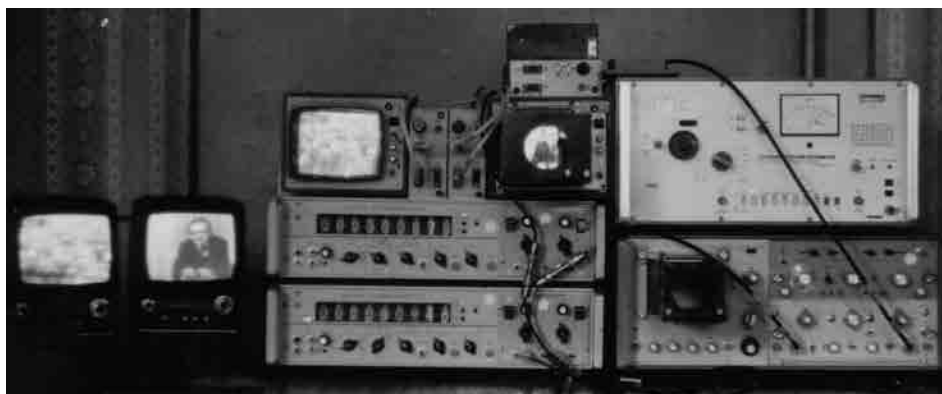


Рисунок 12. Макет разностно-дальномерного измерителя по сигналам вещательного телевидения

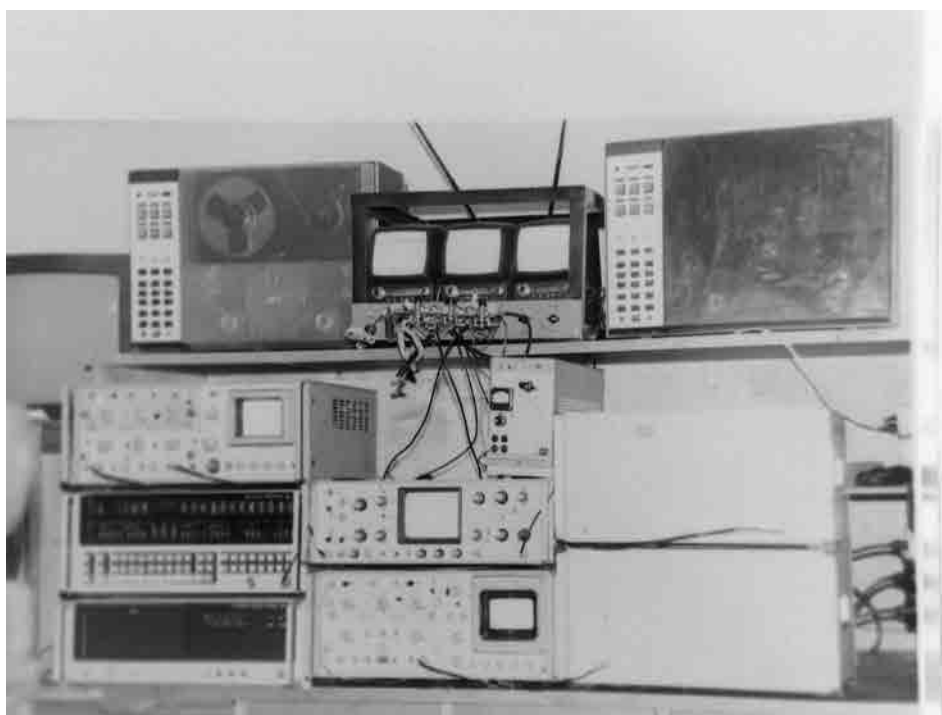


Рисунок 13. Комплекс для обработки режимов радионавигационных измерений по вещательным ТВ сигналам в условиях помех

Исследования в этой области проводились в течение ряда лет. Они были завершены в 1994 г. полномасштабным подтверждением возможности практического использования такого режима радионавигационных измерений, полученным при проведении натурных испытаний макета корабельного приемоиндикатора (см. рис. 14) на борту ГС «Гидролог» в акваториях Черного, Мраморного, Эгейского и Средиземного морей. В процессе испытаний координаты судна определялись в разных условиях с погрешностями в единицы метров на дистанциях до 120 миль от берега.

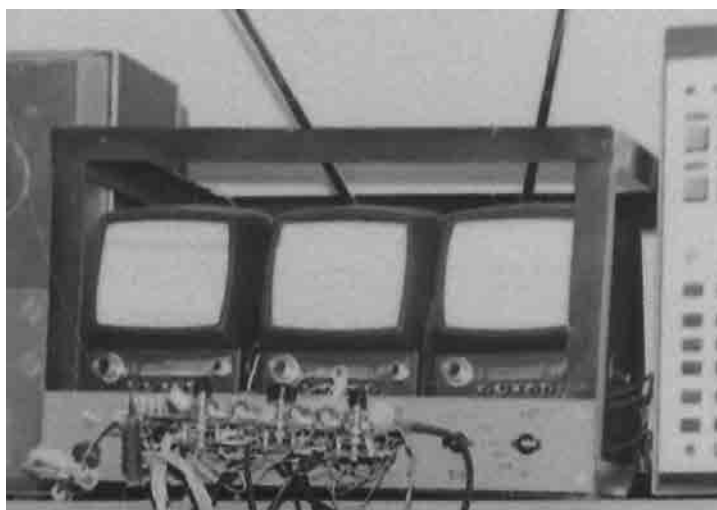


Рисунок 14. Макет корабельного приемоиндикатора для выполнения радионавигационных измерений по вещательным ТВ сигналам

### **Несбывшиеся мечты...**

Одним из результатов всего описанного комплекса исследовательских работ стало обоснование тактико-технических требований к оборудованию второго поколения телевизионных навигационных систем.

ОКР по созданию многофункциональной мобильной ТНС второго поколения (шифр "Воля") была начата в 1984 г. Система предназначалась для решения широкого спектра навигационных задач на дистанциях прямой геометрической видимости и должна была иметь следующие основные характеристики:

- предельная погрешность определения координат подвижных объектов - 15 м (СКП измерения углов 30 угл. сек., СКП определения дистанций 5 м);
- дальность действия радиоканала - до 20 км.

Система состояла из трех самостоятельных подсистем:

- мобильная ТВ станция передающая;
- носимая портативная ТВ станция передающая;
- корабельная ТВ приемная станция.

При работе допускалось любое количественное сочетание составных частей системы.

В системе обеспечивалась работа в сложных условиях (туман, осадки), а также сопряжение с лазерными дальномерами, РЛС и бортовыми навигационными комплексами.

Надо отметить, что обилие технических требований, предъявленных к создаваемому оборудованию, продиктованное желанием Заказчика сразу реализовать все наработки, а с другой стороны заданные весьма жесткие условия эксплуатации, привели к тому, что в процессе проработки и уточнения деталей объем оборудования непрерывно рос. Так, например, изначально береговая часть системы задумывалась как переносная, выполненная в виде нескольких упаковок, переносимых людьми. Затем в

качестве основы для размещения оборудования поочередно рассматривались автомобили повышенной проходимости на шасси ЛУАЗ-469, УАЗ-469, ЕРАЗ-53, ГАЗ-66. Но в итоге все оборудование удалось разместить только на автомобиле ЗИЛ-131. Однако в этом случае уже была обеспечена максимальная мобильность и автономность системы и даже предусмотрены нормальные спальные места и пирамида для личного оружия боевого расчета системы.

В окончательном виде аппаратура системы была разработана в модульном исполнении (см. рис. 15). При этом следует отметить, что конструкция модулей была признана настолько удачной, что они даже были приняты в качестве типовых для всего министерства!

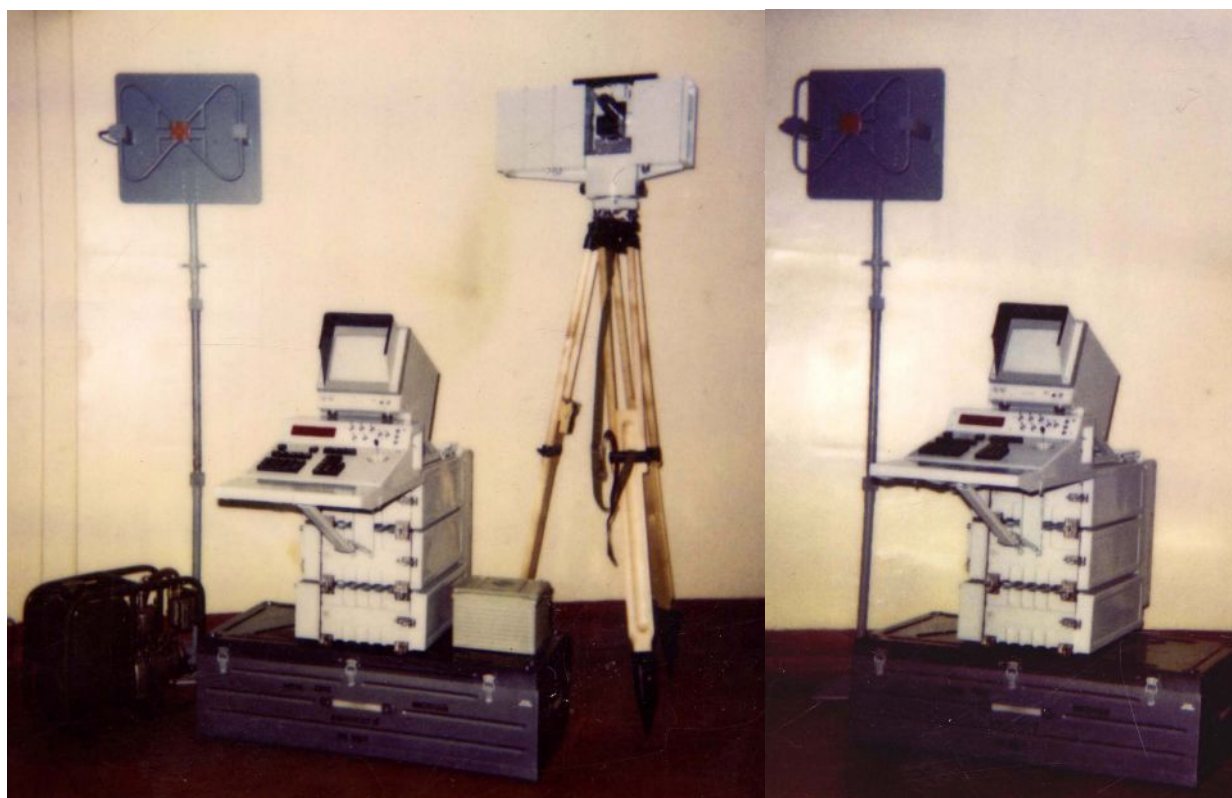


Рисунок 15. Береговая и бортовая части аппаратуры системы «Воля»

Вообще надо сказать, что в научно-техническом плане весь коллектив очень хорошо подготовился к выполнению данной работы. Так например, одних только авторских свидетельств на изобретения, связанные с различными аспектами построения аппаратуры новых систем было получено почти 50!

Однако объективные причины, связанные с происходившими в нашей стране после 1985 года кардинальными изменениями всех сторон жизни, привели к чрезмерному увеличению трудности выполнения работы и задержке сроков ее окончания. В результате этого, заводские испытания опытного образца системы были закончены только в 1995 г., а государственные испытания не были проведены вообще и в 2000 г. работа была просто закрыта. Одновременно с этим, с 1992 г. были почти полностью



прекращены и исследовательские работы в в/ч 62728. А ведь в уже утвержденных планах работ были намечены еще и НИОКР «Дума» (1990 – 1998 г.) и «Циклограмма» (1997 - 2003 г.), нацеленные на дальнейшее совершенствование данного класса систем для наиболее полного обеспечения потребностей флота...

### Новый этап развития

Новый этап развития телевизионных навигационных систем наступил в 2003 г, когда группа энтузиастов, собравшаяся в ЗАО «Альянс», разработала новую модификацию системы. Использование в ней революционно-обновленной элементной базы привело к созданию кардинально нового изделия, получившего и новое наименование: «Телевизионная система ориентирования» - «ТСО-1».

Широкое использование последних достижений микроэлектроники и вычислительной техники привело не только к резкому сокращению массогабаритных характеристик аппаратуры, но и к качественному обновлению всех свойств системы, воплощение которых в предыдущих поколения аппаратуры было просто невозможно из-за чрезвычайной сложности их аппаратурной реализации. Так например, компьютерное управление формированием всех служебных символов на фоне натурального ТВ изображения, используемое в «ТСО-1», дало ей поистине фотограмметрические и геодезические свойства. В новой системе обеспечено удобное определение по координатам ТВ изображения объекта его координат в пространстве и на местности. Также обеспечено и простое выполнение обратных преобразований: задание координат какого-либо пункта в пределах рабочей зоны системы сразу сопровождается появлением на изображении соответствующей его положению отметки. В одном из вариантов исполнения системы предусмотрено и автоматическое введение подобных данных путем обмена информацией с ЭКНИС.

Исходно аппаратура системы «ТСО-1» была разработана в соответствии с требованиями Главного управления навигации МО РФ, однако впоследствии был создан целый ряд ее модификаций (см. рис. 16, 17).



Рисунок 16. Варианты конструкции бортового приемоиндикатора «ТСО-1»



Рисунок 17. Модификации оборудования береговой части «ТСО-1»

В настоящее время оборудование системы «ТСО-1» выпускается серийно и поставляется по заказам ГУНиО. Кроме этого, в 2005 г. три комплекта системы было поставлено для обеспечения работ по высокоточной прокладке подводных трубопроводов в Охотском море и через пролив Невельского в рамках международного проекта «Сахалин-1» (см. рис.18). В 2006 г. два комплекта системы было поставлено СРЗ «Нерпа» для использования в работах в губе Сайда, проводимых согласно межправительственному соглашению с Германией по транспортировке и утилизации ядерных реакторов списанных подводных лодок (см. рис 19). Также ведется подготовка к участию в ряде других проектов.



Рисунок 18. Использование систем «ТСО-1» по проекту «Сахалин 1»



Рисунок 19. Работа оборудования «ТСО-1» в бухте Сайда

### **Новые горизонты**

Разработанное оборудование телевизионной системы ориентирования «ТСО-1» послужило основой для создания целой группы новых устройств. В первую очередь сюда относятся «Телевизионный теодолит», «Телевизионный нивелир», «Система для управления движением большегрузных транспортных средств» (см. рис 20).

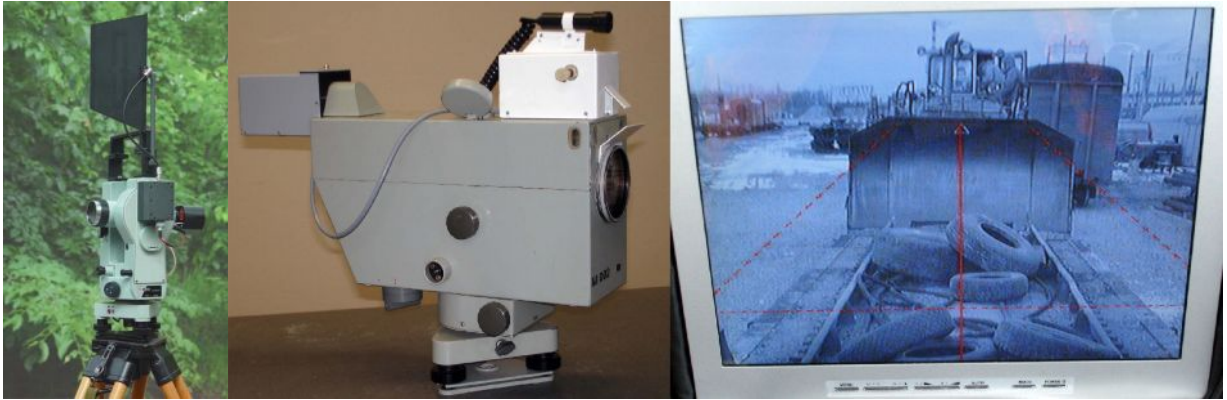


Рисунок 20. Новые виды оборудования, действующие на принципе «ТСО-1»

Ведутся работы по внедрению систем, основанных на принципе действия «ТСО-1» и в ряде других областей: в аэропортах, на железных дорогах, в метрополитене, горно-добывающей промышленности и многих других.

Главный конструктор «ТСО-1», к.т.н. Сколотнев Игорь Анатольевич