

Современные автоматизированные системы управления движением судов

Лекция №12

Тема: «ЛАЗЕРНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»

Учебные вопросы и распределение времени:

Вступление.....	5 мин.
1. Лазерные гидрографические системы	35 мин.
2. Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов.....	35 мин.
Выводы и ответы на вопросы.....	5 мин.

Учебная и воспитательная цель:

«Формирование у студентов целостного представления о современных автоматизированных системах управления движением судов»

Учебная литература:

1. Алексишин В.Г., Козырь Л.А., Короткий Т.Р. Международные и национальные стандарты безопасности мореплавания. - Одесса: «Латстар», 2002.-257с.
2. Золотов В.В., Фрейдзон И.Р. Управляющие комплексы сложных корабельных систем.-Л.: «Судостроение», 1986.-232с.
3. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика. - Одесса: «Латстар», 2003.-170с.
4. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. - Одесса: «Фенікс», 2005.-272с.
5. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы. - Одесса: «Латстар», 2004.-302с.

Лазерные гидрографические системы

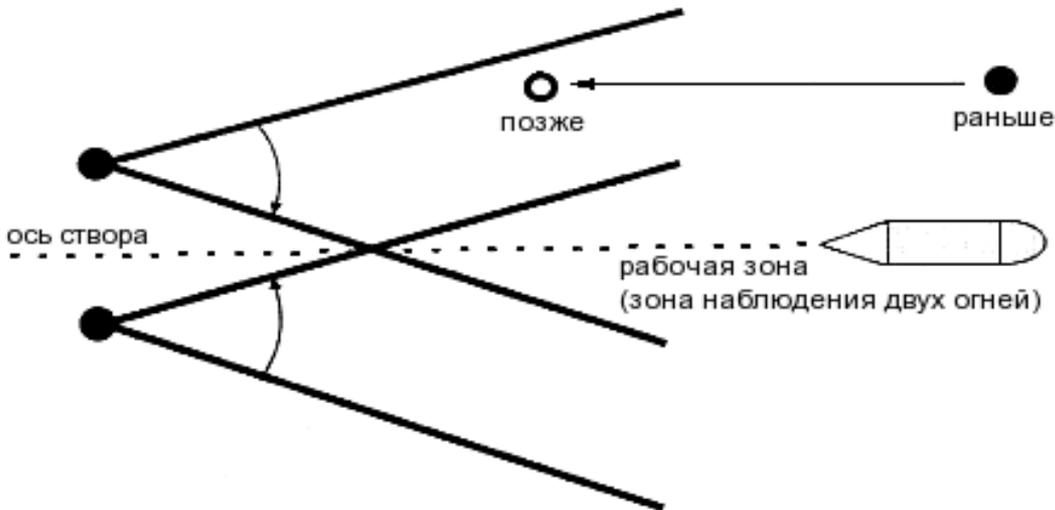
В настоящее время разработаны и успешно используются на практике **лазерные навигационные системы**, которые относятся к классу **инструментальных систем**.

Интерес к таким навигационным системам вызван, прежде всего, их **способностью работать** в условиях пониженной видимости, сумерках и в ночное время, а также **высокой точностью и простотой измерений**. Эти достоинства обусловлены **малой угловой расходимостью лазерного луча**, широкими возможностями сканирования и модуляции, **монохроматичностью излучения**, обеспечивающей насыщенность цвета, которая относительно легко позволяет различать его на фоне других огней и солнечных засветок. **По указанным свойствам традиционные излучатели на много порядков уступают лазерным.**



Лазерные гидрографические системы

Лазерный створный маяк (ЛСМ) «Анемон» состоит из двух установленных на берегу лазерных маяков (узконаправленные лучи синхронно двигаются в горизонтальной плоскости, пересекаясь). Новая зрительная задача, решаемая судоводителем, состоит в том, чтобы вести судно в зоне одновременного (синхронного) восприятия огней, расположенных вдоль берега.



При движении вдоль оси створа судоводитель видит одновременно **оба лазерных огня** в виде проблесков.

При отклонении от курса **синхронность нарушается и возникает эффект «бегущего огня»**, указывающего направление возврата на фарватер. А **временной интервал между вспышками** указывает на величину отклонения от осевой линии

Лазерные огни совершенно безопасны для глаз.

Лазерные гидрографические системы

При ориентировании по створу судоводитель наблюдает два красных проблесковых огня. При движении по оси створа два огня видны одновременно.

При отклонении от оси створа направление движения огней указывает необходимое изменение курса в сторону проблеска, появляющегося последним: если проблески наблюдаются как огонь, бегущий слева направо, то судно уклонилось влево, и чтобы вернуться на линию створа, необходимо взять «вправо», и, наоборот, если проблески наблюдаются как огонь, бегущий справа налево, то судно уклонилось вправо, и чтобы вернуться на линию створа, необходимо взять «влево».



Лазерные гидрографические системы

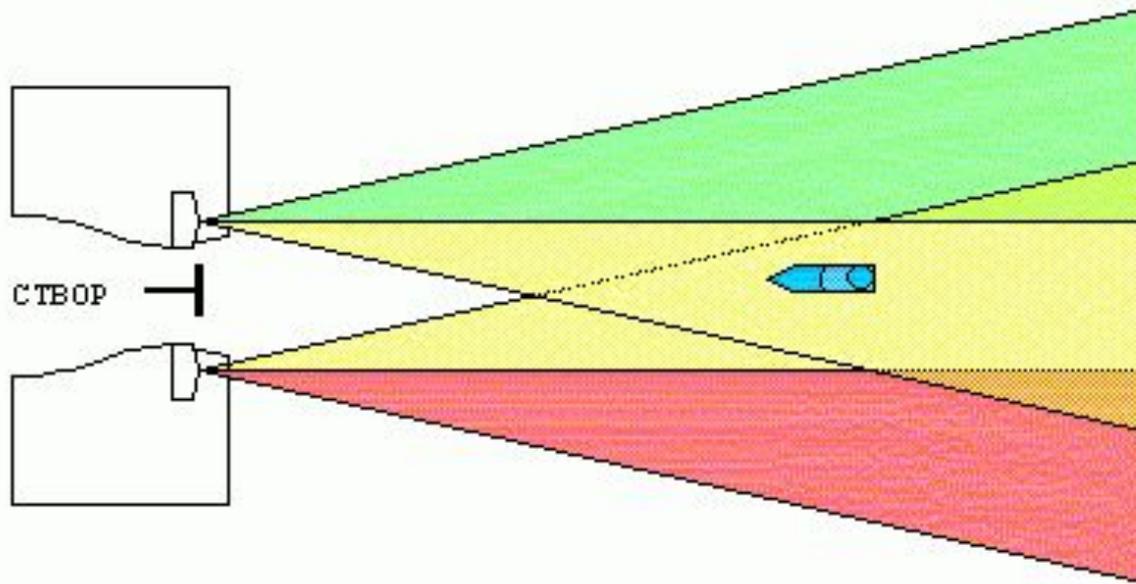
Другой тип маяков построен на основе **многоцветного полупроводникового лазерного излучателя световых импульсов** наносекундной длительности с электронной накачкой и оптической системой формирования цветных зон заданной пространственной конфигурации. Такие зоны обладают повышенной видимостью в экстремальных метеоусловиях и мешающих посторонних засветках.



Особенностью лазера является **возможность формирования на одной излучающей поверхности нескольких зон, излучающих свет красного, зеленого, желтого цветов.** Пространственное распределение излучающих зон оптической системой переводится в угловое: **центральный луч - желтый, боковые - зеленый и красный.** Путем изменения геометрии излучающих площадок, можно подбирать угол раствора лазерного пучка, сохраняя при этом угловую энергетическую плотность излучения.



Лазерные гидрографические системы



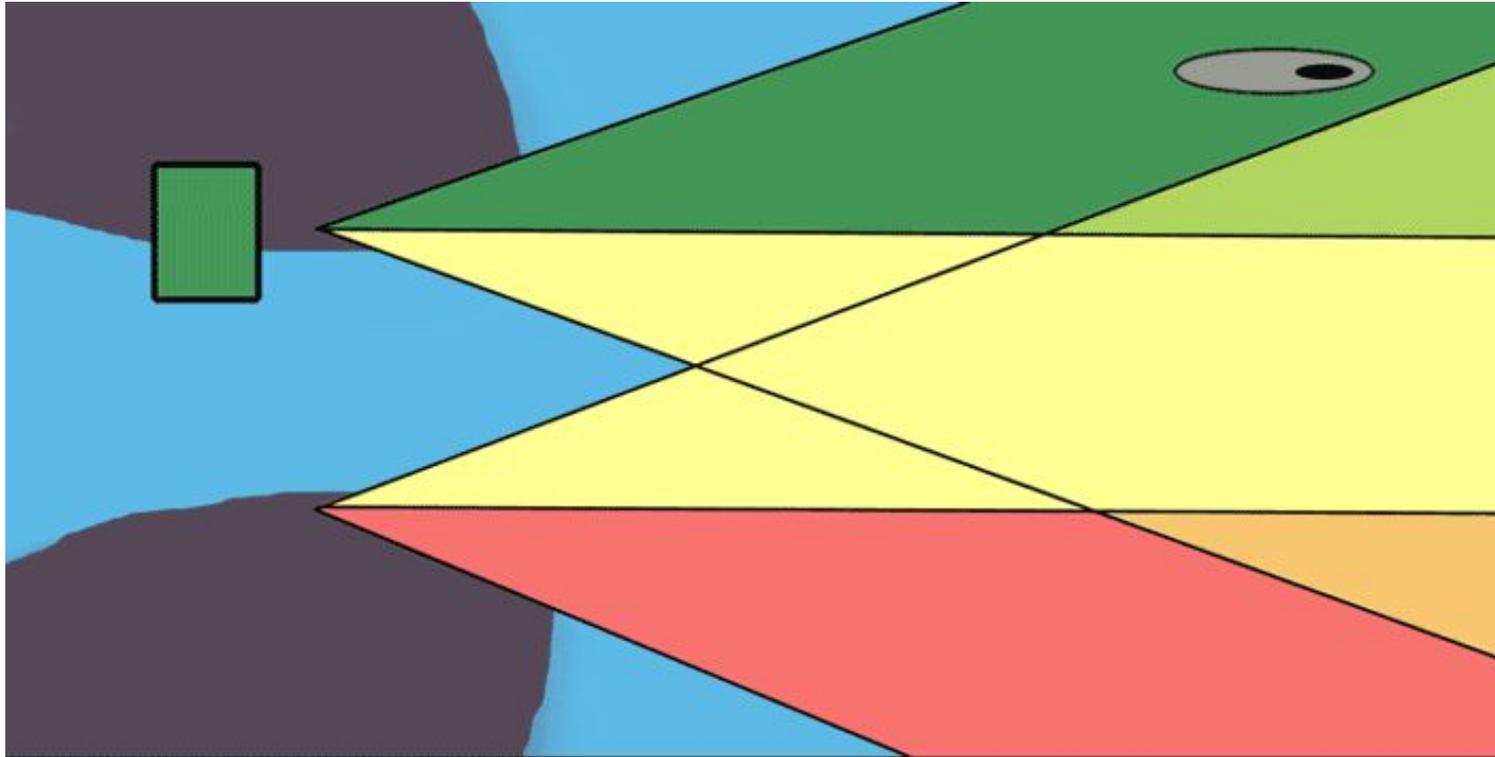
**СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ
СВЕТОВОГО СТВОРА**

Визуальная дальность обнаружения излучения	км	0,6	1,2	2,2	3,8	7,0	10,0	13,0
При метеорологической дальности видимости (туман, снегопад, дымка)	км	0,05	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0

Излучение лазера обладает повышенной видимостью в экстремальных метеоусловиях, в среднем превышающую метеорологическую дальность видимости от 3 до 5 раз.

Лазерные гидрографические системы

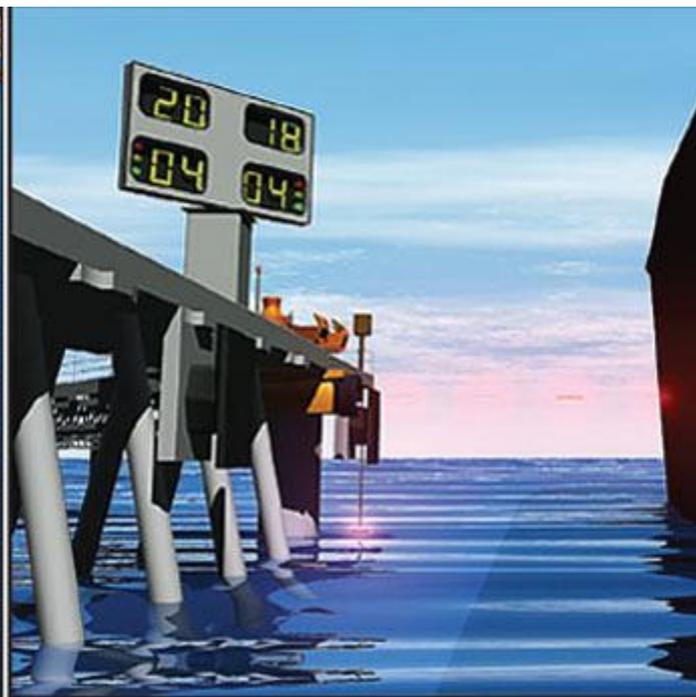
Многоцветный полупроводниковый лазер позволяет создать створный маяк (ЛСМ), который формирует центральный створ в виде коридора, ширина которого задается конкретными требованиями. Такой створный маяк содержит два двухцветных ЛСМ на основе ПЛЭН, разнесенных в пространстве на ширину коридора.



Серьезный недостаток данных систем – поглощение и рассеяние лазерного луча в тумане, что несколько уменьшается благодаря высокой степени поляризации этого излучения.

Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов

Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов являются вспомогательной для лоцманской службы порта и предназначены для **повышения безопасности** в процессе причаливания и швартовки судов, а также мониторинга их состояния после постановки к причалу. **В основе ее работы лежит принцип действия лазерных дальномеров.**



Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов

Способность электромагнитного излучения распространяться с постоянной скоростью дает возможность определять дальность до объекта.

Основное соотношение для вычисления энергии излучения лазера $E_{\text{изл}}$ необходимой для обеспечения максимальной измеряемой дальности L_m , может быть представлено в следующем виде:

$$E_{\text{изл}} = E_{\text{пр min}} \frac{4L_m^2}{\zeta D_{\text{пр}}^2 \tau_1 \tau_2 \rho} e^{2aL_m}$$

Где $E_{\text{пр min}}$ - минимальная регистрируемая фотоприемным устройством энергия излучения лазера при заданной длительности импульса излучения на длине волны лазера; τ_1 и τ_2 - коэффициенты пропускания передающей и приемной оптических систем; $D_{\text{пр}}$ - диаметр объектива приемной оптической системы; a - коэффициент потерь в атмосфере; $\zeta = E_{\text{ц}}/E_0$ - коэффициент, равный отношению энергии излучения $E_{\text{ц}}$, попадающей на цель, к полной энергии E_0 пучка излучения на цели (энергии, проходящей через плоскость, перпендикулярную оси пучка измерения в месте расположения цели); ρ - площадь отражающей поверхности

Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов

Лазерные системы, применяемые для швартовки различаются по принципу действия на **импульсные** и **фазовые**.

Импульсный лазерный дальномер это устройство, состоящее из импульсного лазера и детектора излучения (фотоприемника).



Измеряя время, которое затрачивает луч на путь до отражателя и обратно, а также зная значение скорости света, можно рассчитать расстояние между лазером и отражающим объектом.

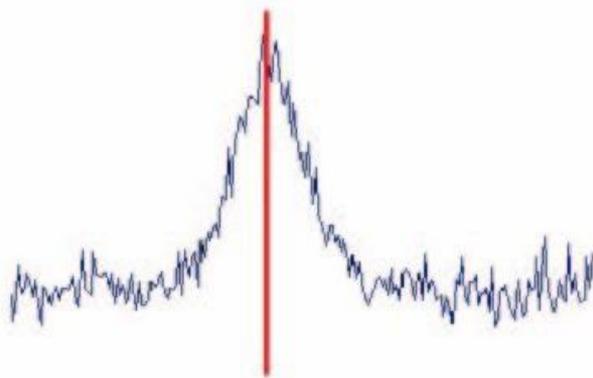
Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов

При импульсном методе дальнометрирования используется следующее соотношение:

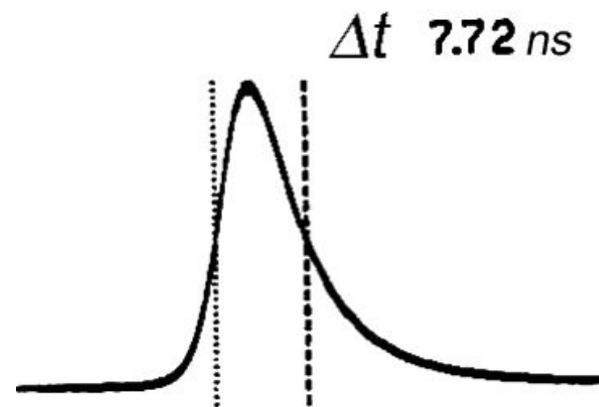
$$L = \frac{ct}{2n}$$

где L — расстояние до объекта, c — скорость света в вакууме, n — показатель преломления среды, в которой распространяется излучение, t — время прохождения импульса до цели и обратно.

Каждый импульс — это однократное измерение расстояния, но поскольку каждую секунду могут быть посланы тысячи таких импульсов, то с помощью усреднения результатов достаточно быстро достигается высокая точность измерений.



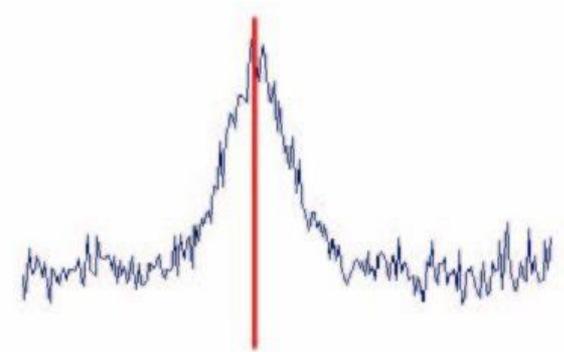
Усреднение импульсов



Типовая форма зондирующего импульса при импульсном методе

Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов

В ходе измерения делается около 20000 лазерных импульсов в секунду. Затем они усредняются для получения более точного значения расстояния. Обычные импульсные дальнометры имеют несколько худшую точность, чем фазовые дальнометры (до 10 мм).



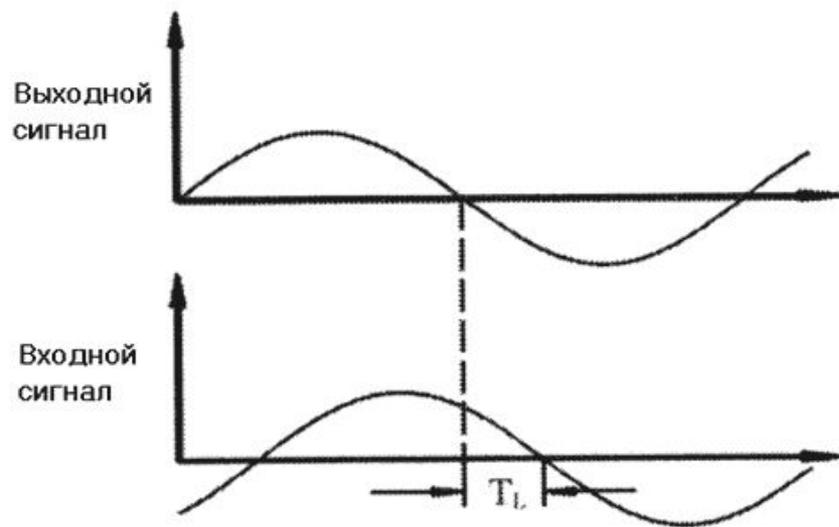
Расстояние до цели	1 м	10 м	100 м	1 км	10 км	100 км
Время отклика	6.7 нс	67 нс	0.67 мкс	6.7 мкс	67 мкс	0.67 мс

Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов

Фазовый лазерный дальномер - это дальномер, принцип действия которого основан на методе сравнения фаз отправленного и отражённого сигналов.

Принцип действия состоит в определении количества целых длин волн между локатором и объектом и разности фаз излученной и принятой волны модулирующего колебания.

Ширина полосы модуляции до 10 ГГц при использовании современных лазерных диодов (semiconductor laser diodes). Отметим, что в этом случае **зондирующее излучение должно быть непрерывным**, что в общем случае значительно повышает требования по выходной мощности излучающего лазера по сравнению с импульсным методом.



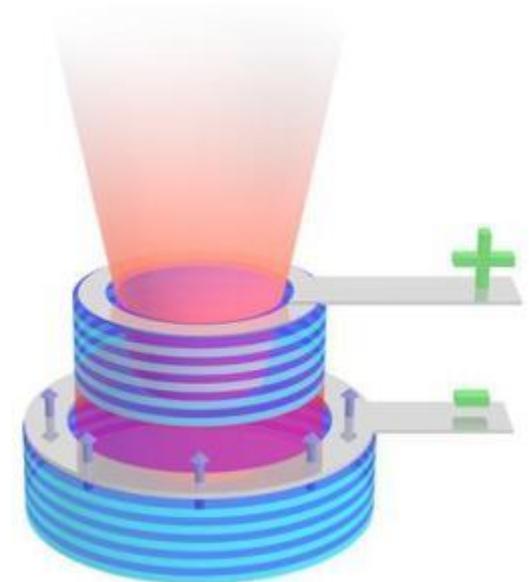
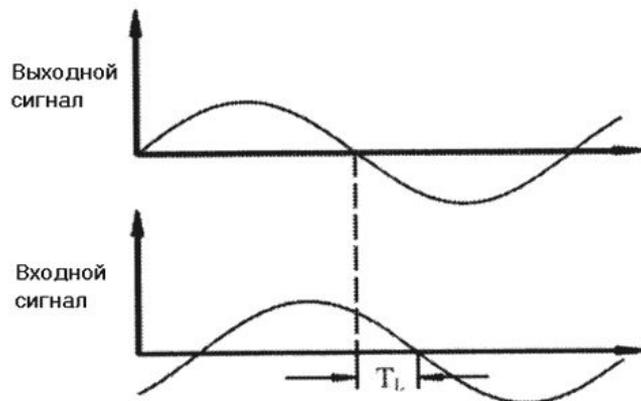
Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов

Для того, чтобы определить расстояние между источником и объектом, необходимо:

1. Определить целое количество длин волн модуляции K , приходящихся на это расстояние.
2. Определить разность фаз $\Delta\varphi$ между принятой и опорной волной и тем самым оценить дополнительное расстояние, соответствующее «последней» неполной волне.
3. Искомое расстояние определяется по формуле:

$$D = K\lambda + \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \lambda$$

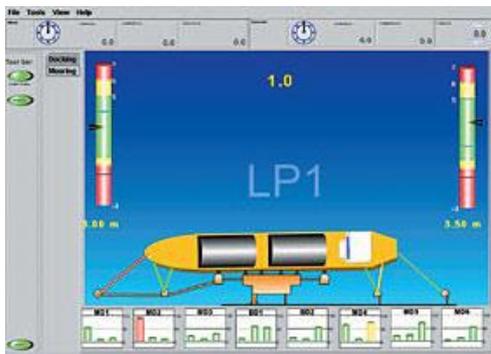
где λ - длина волны модуляции.



Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов

Лазерная система швартовки крупнотоннажных судов состоит из следующих элементов:

- лазерных сенсоров;
- метеостанции, включающей датчики скорости и направления ветра и датчик высоты волны;
- цифрового информационного табло;
- центра управления (ЦУ), включающего компьютер ЦУ с программным обеспечением, принтер, источник бесперебойного питания;
- канала связи, включающего мультиплексоры и оптоволоконную кабельную линию

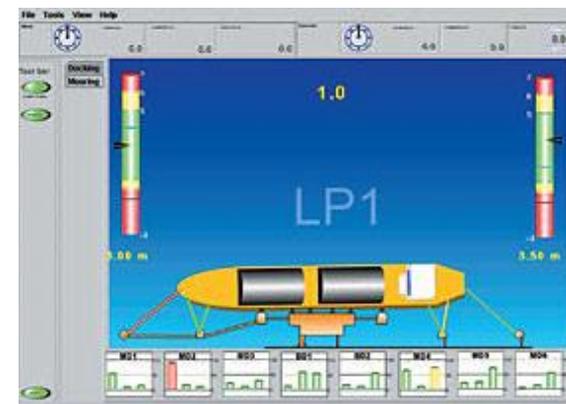


Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов

Сбор данных от датчиков системы и формирование группового сигнала осуществляется через мультиплексор. Волоконнооптический кабель обеспечивает соединение мультиплексора на причале и в центре управления.

Отображение положения крупнотоннажных судов происходит на рабочем дисплее центра управления. Программное Обеспечение (ПО) состоит из электронной карты и базы данных.

Данные по судам автоматически сохраняются на жестком диске компьютера ЦУ с возможностью просмотра процесса швартовки и вывода на печать. ПО должно иметь модуль тестирования всей системы, включая компьютер ЦУ, датчики, табло. ПО производит расчет положения судов, скорости и направления ветра, волнения моря, температуры воздуха.



Лазерные системы швартовки крупнотоннажных судов