

В. Б. Немтинов, С. А. Щегольков

## СХЕМНЫЙ МОДЕЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ЛАЗЕРНО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДВОДНОГО ВИДЕНИЯ

*Рассмотрены два этапа инженерно-графовой методики модельного синтеза лазерно-электронной системы подводного видения, состоящей из девяти этапов. На первом документно-постановочном этапе ставится задача разработки и исследования лазерно-электронного устройства подводного видения. На втором документно-схемном этапе построена парадигма формализованных структурных, функциональных и принципиальных схем лазерно-электронной системы подводного видения.*

Под видением в широком смысле понимают восприятие наблюдателем удаленных объектов. Применительно к непосредственному зрительному восприятию объектов используют понятие "видимость". Если для наблюдения применяются технические средства, формирующие изображение объекта, которое затем анализируется дисайдером (человеком-оператором), то используют понятие "видение" в узком смысле. При этом изображающее устройство совместно с дисайдером называют системой видения. Системы видения могут работать не только в видимом, но и в других участках спектрального диапазона, в соответствии с которыми они получили название систем радиовидения, тепловидения, телевидения и т.д. [1].

**Постановка задачи подводного видения как первый этап модельного синтеза лазерно-электронной системы подводного видения.** Системы подводного видения используются для поиска полезных ископаемых на дне океана и при строительстве подводных сооружений, применяются в аварийно-спасательных работах, рыбном промысле и морских исследованиях. Этими средствами оснащаются подводные обитаемые аппараты, подводные роботы, самолеты, а также спутники, с которых ведется наблюдение и фотосъемка континентального шельфа, косяков рыб, районов повышенной биопродуктивности [2].

При формировании изображения подводного объекта в общем случае система подводного видения включает в себя источник света, слой пространства и границу раздела вода-атмосфера (если наблюдение ведется сверху через водную поверхность), слой водной среды, приемник излучения. Источник света может быть естественным (солнце, облачные образования) и искусственным (прожектор, лазерный излучатель) непрерывного или импульсного действия.

На первом этапе развития систем подводного видения использовались световые локаторы. Световой локатор представляет собой устройство, предназначенное для обнаружения и определения местоположения объектов с помощью оптического излучения [3]. Однако современные проблемы освоения Мирового океана требуют большей информации о подводных объектах, чем та, которую можно получить с помощью световых и акустических локаторов: объект необходимо видеть. Поэтому на втором этапе развития систем подводного видения использовалось подводное телевидение.

Системы подводного телевидения имеют широкую область применения: поиск и освоение естественных ресурсов океана, обзор дна, строительство подводных сооружений, поиск и осмотр затонувших кораблей и т.д. Они имеют ряд преимуществ: возможность работы на больших глубинах, документальность, автономность. Специфическая особенность систем подводного видения состоит в том, что даже при сравнительно небольших дальностях наблюдения решающее влияние на качество изображения оказывают поглощение и рассеяние света в слое воды между системой и наблюдаемым объектом. Основным недостатком систем подводного телевидения является низкая помехозащищенность, так как телекамера регистрирует помимо полезного сигнала, отраженного от объекта, помеху обратного рассеяния, что существенно уменьшает дальность действия системы, т.е. предельное расстояние между приемно-передающей системой и объектом наблюдения. Дальность видения существующих систем составляет менее 10 м даже в чистых водах океана. Наиболее распространенной системой подводного телевидения в настоящее время является система, включающая в себя подводный прожектор с широким углом излучения, телекамеру, линию связи и видеоконтрольное устройство [2]. Преимущества такой системы — простота, компактность, возможность работы как при искусственном, так и при естественном освещении.

В настоящее время ведется разработка лазерно-электронных систем подводного видения (ЛзЭлнС ПодводнВдн), которые являются частным случаем лазерных систем видения [1]. В таких системах в качестве источника подсветки используют лазер. Основным преимуществом ЛзЭлнС ПодводнВдн является сравнительно высокая дальность видения за счет снижения влияния помехи обратного рассеяния с помощью стробирования по дальности.

Все системы подводного видения можно подразделить на активные и пассивные. В пассивных системах видения изображение формируется при естественном освещении или за счет собственного (теплого) излучения объектов. Активные системы видения используют для работы искусственную подсветку, создаваемую специальными устрой-

ствами различных типов — прожекторами, лампами-фарами, лазерными излучателями. Системы видения с лазерным подсветом получили название лазерно-электронных систем видения (ЛзЭлнС Вдн) [1].

В работе [1] рассмотрены три варианта функциональных оптических схем построения обобщенной ЛзЭлнС Вдн, которые без ограничения общности могут быть перенесены на ЛзЭлнС ПодводнВдн. Они отличаются параметрами диаграмм направленности излучателя и приемника, типом приемника излучения и режимом работы излучателя.

*Система узкий–широкий.* Лазерный источник подсвета имеет узкую диаграмму направленности, а приемник излучения — широкую. Изображение формируется в результате последовательного сканирования подводной предметной области в пределах поля обзора. В качестве приемника излучения используется одноэлементный фотоприемник. Угол обзора определяется углом поля зрения приемной системы. Размер элементов, на которые разлагается изображение, определяется углом расходимости лазерного пучка.

*Система узкий–узкий.* Обе диаграммы направленности (источника и приемника излучения) — узкие и взаимно конгруэнтные. Положение приемной диаграммы изменяется в пространстве синхронно с положением лазерного пучка, в развертке изображения участвуют как лазер, так и приемник излучения. Угол обзора в этой системе определяется углом сканирования, а число элементов в кадре — соотношением между телесным углом обзора и диаграммой направленности приемника.

*Система широкий–узкий.* Лазер имеет широкую диаграмму направленности, охватывающую все поле обзора, а приемник излучения — узкую. В этих системах сканирование отсутствует, а в качестве приемника излучения используется многоэлементный фотоприемник, который осуществляет преобразование двумерного оптического сигнала в видеосигнал. Системы этого типа способны эффективно подавлять помеху обратного рассеяния при использовании метода стробирования по дальности.

Цель настоящей работы — на основе обобщенной инженерно-графовой методики модельного синтеза оптико- и лазерно-электронных систем (ОиЛзЭС) [4], состоящей из девяти этапов, разработать два первых этапа методики полного модельного синтеза ЛзЭлнС ПодводнВдн. Для достижения поставленной цели строится реализация системы графовых модельных окон над ЛзЭлнС ПодводнВдн для разработки и исследования лазерно-электронного устройства подводного видения (ЛзЭлнУстр ПодводнВдн) в виде подобно-факторной полунатурной приборной модели. Построение этой системы графовых модельных окон как реализации общей системы окон для разработки и исследования оптико- и лазерно-электронных приборов (ОиЛзЭП) и комплексов

сводится к идентификации структурной связности модельных представлений ЛзЭлнС ПодводнВдн с помощью орграфовой модели системы предметных и теоретических моделей.

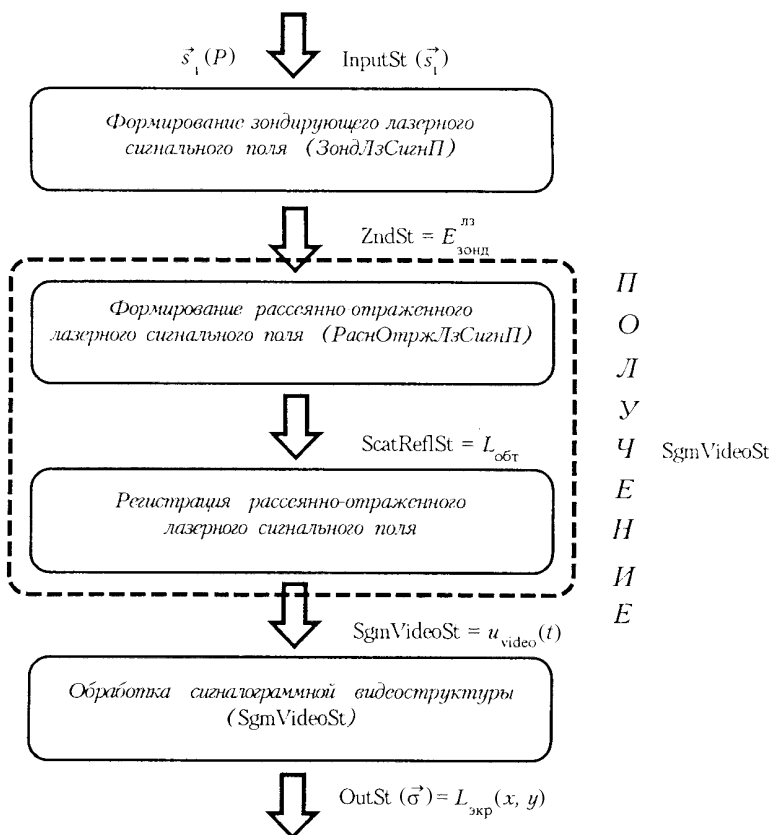
Проблема модельного синтеза ЛзЭлнС ПодводнВдн — это задача установления связи между коэффициентом отражения подводного объекта и распределением яркости на экране монитора в результате идентификации этапов разработки и исследования ЛзЭлнУстр ПодводнВдн. На первом документно-постановочном этапе модельного синтеза осуществляется выбор цели проектирования устройства, реализующего приборный вид предметной модели ЛзЭлнС ПодводнВдн. Разрабатывается техническое задание в рамках концептуально-знаковых моделей, формулируются технические предложения и обосновываются исходные данные.

Исходными данными для проектирования ЛзЭлнУстр ПодводнВдн и, в частности, для разработки септарной схемной парадигмы является дальность видения до 30 м в режиме распознавания малых (с линейными размерами до 1 м) объектов с вероятностью не менее 0,9. Физические условия работы — условия прибрежных морских районов. Ограничивающие факторы — поглощение излучения в воде, помеха обратного рассеяния, глубина погружения устройства в воду не более 5 м. Рабочие параметры: максимальная дальность видения, разрешающая способность, минимально различаемый контраст. Результаты представляются в виде изображения на экране монитора. Особенности размещения — герметичный корпус.

**Септарная парадигма структурных, функциональных и принципиальных схем ЛзЭлнС ПодводнВдн.** На втором документно-схемном этапе модельного синтеза ЛзЭлнС ПодводнВдн создается схемный образ системы, или схемный прообраз устройства. В результате разработки метода и средства для решения задачи подводного видения создаются исходные схемные модели, которые формируют схемный фундамент проектируемого лазерно-электронного устройства и лежат в основе разработки математических моделей и конструкторско-технологической документации макетного образца.

***Бинарная подпарадигма обобщенных схем ЛзЭлнС ПодводнВдн.*** С позиций структурной теории ОиЛзЭС исходной схемной моделью структурного синтеза является реализация базисной парадигмальной структурной схемы (СтрСх) обобщенного (Обобщ) процесса преобразования сигналов (ППС) [4] в произвольной ОиЛзЭС.

*Структурная схема процесса лазерного видения как ППС в ЛзЭлнС ПодводнВдн (СтрСх ПрцсЛзВдн)* (рис. 1) представляет собой разновидность СтрСх ОбобщППС в ОиЛзЭС. Она идентифицирует четыре стадии функционально-преобразующего поведения ЛзЭлнС



П  
О  
Л  
У  
Ч  
Е  
Н  
И  
Е

SgmVideoSt

**Рис. 1. Структурная схема процесса лазерного видения как ППС в ЛзЭлнС ПодводнВдн:**

InputSt — входная структура; ZndSt — зондирующая структура; ScatRefSt — рассеянно-отраженная структура; SgmVideoSt — сигналограммная видеоструктура; OutSt — выходная структура

ПодводнВдн, реализуемые в процессе лазерного видения, и является реализацией СтрСх ОбобщППС в ОиЛзЭС на основе структурного анализа различных лазерных систем видения.

Из рис. 1 видно, что при переходе к процессу лазерного видения (ПрцЛзВдн) в ЛзЭлнС ПодводнВдн каждая стадия ОбобщППС в произвольной ОиЛзЭС наполняется конкретным содержанием. В результате сигнальная SgnSt, преобразованная TransSt и сигналограммная SgmSt структуры ОбобщППС в ОиЛзЭС трансформируются в зондирующую ZndSt, рассеянно-отраженную ScatRefSt структуры и сигналограммную SgmVideoSt видеоструктуру ПрцЛзВдн соответственно.

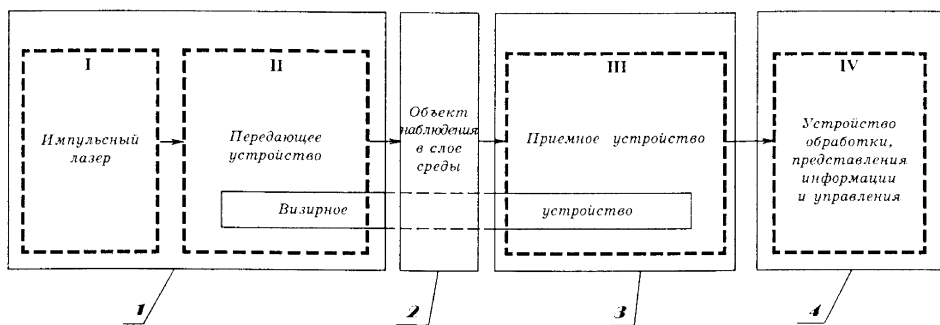
Далее в рамках СтрСх ПрцЛзВдн (см. рис. 1) намечают свойства идеализированного (Идлн) ПрцЛзВдн, необходимые для разработки конкретной ЛзЭлнС ПодводнВдн. С этой целью приближенно определяют идеализированный оператор поведения синтезируе-

мой ИдлнЛзЭлнС ПодводнВдн, или, для краткости, идеализированной лазерно-электронной системы (ИдлнЛзЭлнС), и четыре его композиционных операторных компонента или, по крайней мере, качественно описывают их свойства. Искусство структурного схемного синтеза идеального ППС в ЛзЭлнС ПодводнВдн проявляется, прежде всего, в наполнении СтрСх ПрцЛзВдн (см. рис. 1) конкретным содержанием энергетических (интенсивностных) структур. В результате задаются основные входные и выходные параметры и структуры каждой из четырех стадий (формализуемых операторами поведения) синтезируемого ИдлнПрцЛзВдн, которые отражают специфические особенности ПрцЛзВдн при подводном видении.

В соответствии с рис. 1 рассмотрим ЗондЛзСигнП в виде распределения освещенности зондирующего лазерного излучения:  $ZndSt = E_{зонд}^{лз}(x, y)$ . Учитывая на второй стадии ИдлнПрцЛзВдн рассеяние и отражение сигнала при получении РаснОтржЛзСигнП, зададим сигнал в виде распределения яркости излучения, отраженного от объекта:  $ScatReflSt = L_{обт}(x, y)$ . В процессе регистрации РаснОтржЛзСигнП эта структура трансформируется в сигналограммную видеоструктуру  $SgmVideoSt = u_{video}(t)$ , идентифицируемую в виде амплитуды напряжения видеосигнала.

В соответствии с общими положениями структурного синтеза ОилзЭС [4] введенные параметры и структуры лежат в основе перехода от СтрСх ПрцЛзВдн (см. рис. 1) к СтрСх приближенно идеальной (ПриблИдлн) ЛзЭлнС ПодводнВдн, т.е. к первому структурному приближению реальной (Рлн) ЛзЭлнС ПодводнВдн, содержащей конкретные преобразующие элементы. Кроме того, в дальнейшем СтрСх ПрцЛзВдн используется для разработки СтрСх РлнПрцЛзВдн с целью последующего построения связного орграфа внутренней структурной модели (ВнтрСМ) ЛзЭлнС ПодводнВдн.

*Обобщенная СтрСх ЛзЭлнС ПодводнВдн с импульсным подсветом* (рис. 2) является первым инженерным прообразом создаваемого ЛзЭлнУстр ПодводнВдн. Переход от универсальной структурной схемы обобщенной ОилзЭС к ОбобщСтрСх ЛзЭлнС ПодводнВдн, представленной на рис. 2, лежит в основе идентификации четырех конкретных преобразующих устройств **1–4** разрабатываемого макетного образца и взаимосвязей между ними. В соответствии со СтрСх ПрцЛзВдн (см. рис. 1) выделяются четыре основные и одно вспомогательное устройство разрабатываемой системы. К основным устройствам относятся: **1** — устройство формирования ЗондЛзСигнП, **2** — устройство формирования РаснОтржЛзСигнП, **3** — устройство регистрации РаснОтржЛзСигнП и **4** — устройство обработки  $SgmVideoSt$ . вспомо-



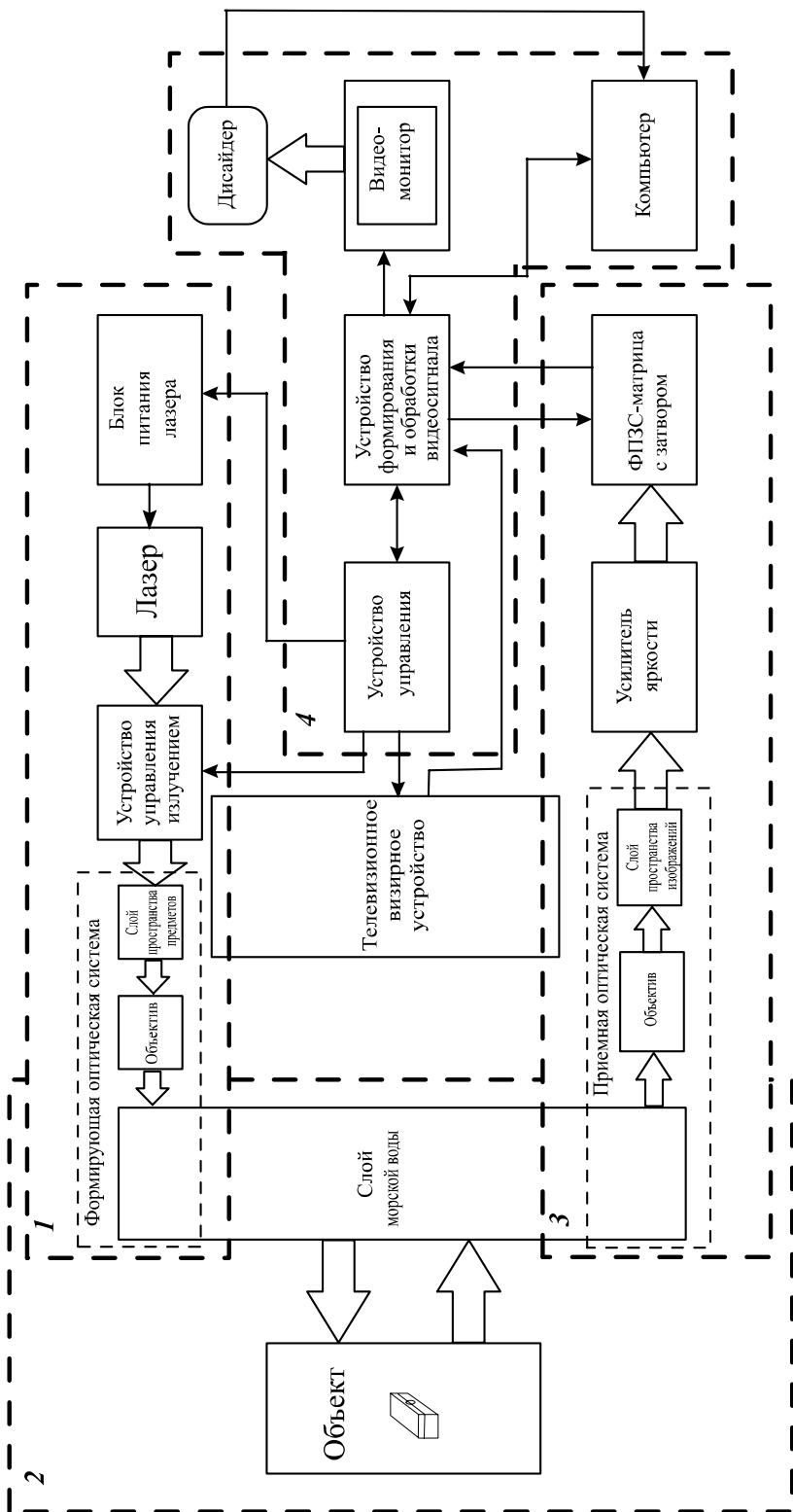
**Рис. 2. Обобщенная структурная схема ЛзЭлнС ПодводнВдн с импульсным подсветом:**

- 1** — устройство формирования зондирующего лазерного сигнального поля;  
**2** — устройство формирования рассеянно-отраженного лазерного сигнального поля;  
**3** — устройство регистрации рассеянно-отраженного лазерного сигнального поля;  
**4** — устройство обработки сигналограммной видеоструктуры

гательным устройством является визирное устройство, которое служит для предварительного наведения системы на объект.

**Тернарная подпарадигма структурных и функциональных схем ЛзЭлнС ПодводнВдн.** Структурно-функциональный схемный “графовый модельный каркас” для идентификации метода подводного видения и проектирования лазерно-электронного устройства подводного видения состоит из СтрСх, структурно-функциональной оптической схемы (СтрФнкцОптЧСх) системы, а также структурной схемы реального лазерного измерительного процесса (СтрСх РлнЛзИзмртлПроцесса) как ППС в ЛзЭлнС ПодводнВдн.

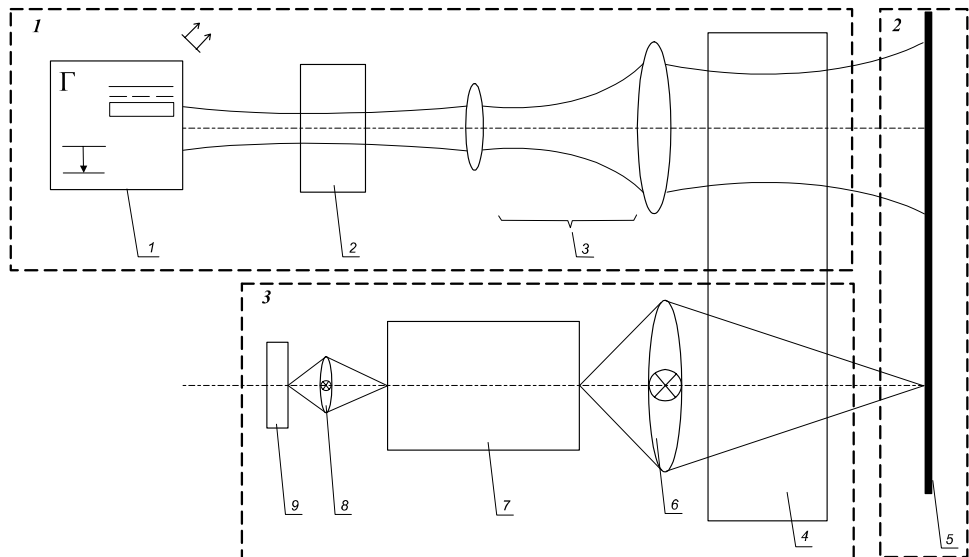
*СтрСх ЛзЭлнС ПодводнВдн с импульсным подсветом и стробированным приемом* (рис. 3) строится на основе банка имеющихся преобразующих элементов и является дальнейшей инженерной разработкой создаваемого лазерно-электронного устройства подводного видения. Она описывает конкретную лазерно-электронную систему подводного видения. В ней используют лазерное импульсное освещение объекта наблюдения, осуществляют стробированный прием отраженного сигнала, после чего его регистрируют с помощью ПЗС-матрицы и подвергают компьютерной обработке. При этом структурный синтез ПриблИдлн ЛзЭлнС ПодводнВдн состоит в наполнении четырех основных, а также двух вспомогательных структурных частей ОбобщСтрСх ЛзЭлнС Вдн с импульсным подсветом (см. рис. 2) конкретными идеализированными преобразующими элементами. В результате СтрСх ЛзЭлнС ПодводнВдн (см. рис. 3) отражает содержание узлов **1–4** универсальной СтрСх системы с учетом построенной СтрСх ПрцсЛзВдн (см. рис. 1).



**Рис. 3. Структурная схема ЛвЭнС ПодводВид с импульсным подсветом и стробированным приемом:**

1 — устройство формирования зондирующего лазерного сигнала; 2 — устройство формирования рассеянно-отраженного лазерного сигнала; 3 — устройство регистрации рассеянно-отраженного лазерного сигнала; 4 — устройство обработки сигналограммной видеоструктуры





**Рис. 4. Структурно-функциональная оптическая схема ЛзЭллС ПодводнВдн:**  
 1 — лазер; 2 — устройство управления излучением; 3 — формирующая оптическая система; 4 — слой морской воды; 5 — плоскость объекта наблюдения; 6 — приемная оптическая система; 7 — усилитель яркости (электронно-оптический преобразователь); 8 — репродукционный объектив; 9 — приемник излучения (ПЗС-матрица)

Устройство **1**, формирующее ЗондЛзСигнП (рис. 4; см. рис. 3), содержит лазер **1**, устройство управления излучением **2** и формирующую оптическую систему (ФрмОС) **3**. Ввиду особенностей поглощения излучения в морской воде необходимо, чтобы рабочая длина волны лазера **1** лежала в пределах 470...570 нм [1] (например, можно использовать твердотельный лазер с активным элементом на основе кристалла ИСГГ:Nd с модуляцией добротности, генерирующий излучение второй гармоники на длине волны 0,53 мкм). Устройство **2** может представлять собой модулятор добротности, обеспечивающий режим генерации импульсов с частотой до 50 Гц, с длительностью импульса, не превышающей 10 нс. ФрмОС **3** включает в себя слой пространства предметов, объектив и слой морской воды. В качестве объектива целесообразно использовать вариообъектив для обеспечения изменения расходимости излучения подсвета в пределах 3...10 град в передающем канале.

Устройство **2**, формирующее РаснОтржЛзСигнП (см. рис. 3, 4), представляет собой объект наблюдения **5** в слое морской воды **4**.

Устройство **3** регистрации РаснОтржЛзСигнП (см. рис. 3, 4) состоит из приемной оптической системы (ПрмОС) **6**, усилителя яркости **7**, системы переноса изображения **8** и ПЗС-матрицы **9**. При этом ПрмОС включает в себя слой морской воды, объектив (вариообъектив с автоматическим приводом, как и в ФрмОС) и слой простран-

ства изображений. В качестве усилителя яркости может использоваться электронно-оптический преобразователь поколений II, III или III-Ультра. ПЗС-матрица может быть типа "Hyper Had" (например 0,5" ПЗС ТМ-7ЕХ). В качестве системы переноса изображения 8 предлагается использовать репродукционный объектив, сопрягающий экран электронно-оптического преобразователя и ПЗС-матрицу. Такие объективы в настоящее время выпускаются серийно.

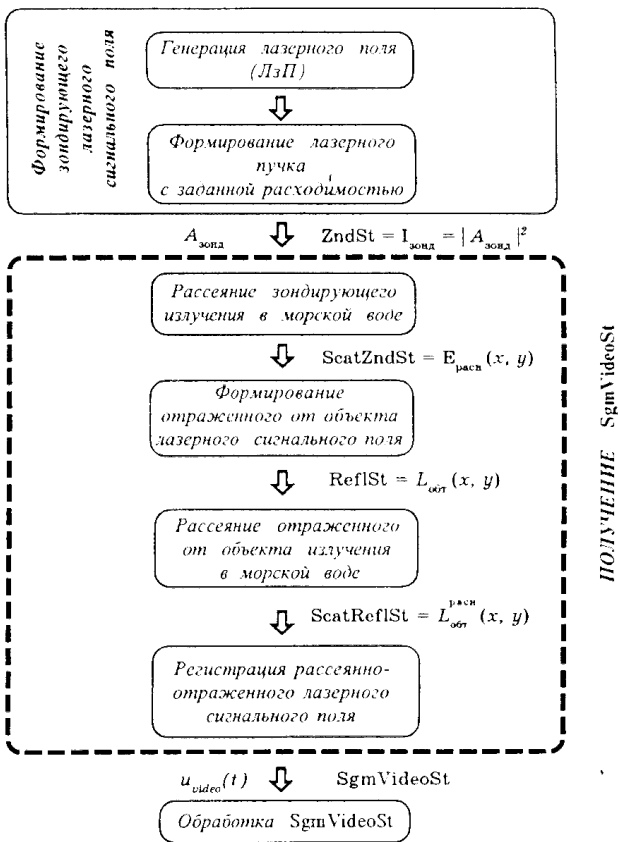
Устройства **2** и **3** образуют композиционное устройство (КмпзУстр **23**) получения сигналограммной видеоструктуры SgmVideoSt.

Устройство **4** (см. рис. 3) для обработки SgmVideoSt содержит блок формирования и обработки видеосигнала, модуль управления и видеомонитор. Информацию с видеомонитора принимает дисайдер. Для предварительного наведения на объект в условиях достаточной освещенности используется телевизионное визирное устройство. Модуль управления представляет собой электромеханическое устройство, включающее приводы вариообъективов ФрмОС и ПрмОС, а также блоки управления модулятором лазера и затвором ПЗС-матрицы.

Таким образом, построенная СтрСх ЛзЭлнС ПодводнВдн лежит в основе выделения комплектующих изделий для лазерного устройства подводного видения. К таким изделиям относятся лазер, модулятор, передающий объектив, приемный объектив, усилитель яркости, репродукционный объектив и ПЗС-матрица. Требования к ним вырабатываются в результате построения алгоритмической модели поведения системы.

*СтрФнкцОптЧСх ЛзЭлнС ПодводнВдн*, приведенная на рис. 4, — это следующий шаг схемного модельного синтеза. В данном случае структурный синтез ПриблИдлн ЛзЭлнС ПодводнВдн сводится к наполнению трех устройств **1–3** ОбобщСтрСх конкретным оптическим поведением идеализированных преобразующих элементов. В результате СтрФнкцОптЧСх ЛзЭлнС ПодводнВдн (см. рис. 4) отражает содержание узлов I–IV ОбобщСтрСх системы на рис. 2 с учетом СтрСх ПрцЛзВдн (см. рис. 1).

Как показано на рис. 4, в зондирующем устройстве **1** излучаемый лазером **1** пучок проходит устройство управления излучением **2** и с помощью ФрмОС **3**, задающей расходимость пучка, направляется на объект наблюдения **5**. Отраженное от объекта **5** излучение, рассеянное слоем морской воды **4**, попадает в приемное устройство **3**, проходит приемный объектив **6** и усиливается с помощью усилителя яркости **7**. Распределение интенсивности в изображении лоцируемого объекта регистрируется с помощью ПЗС-матрицы **8**.



**Рис. 5. Структурная схема реального лазерного измерительного процесса как ППС в ДфрЛзЭС ИзмриПармтрРезьбы:**

$ZndSt$  — зондирующая структура;  $ScatZndSt$  — рассеянная зондирующая структура;  $ReflSt$  — отраженная структура;  $ScatReflSt$  — рассеянно-отраженная структура;  $SgmVideoSt$  — сигналограммная видеоструктура

Таким образом, СтрФнкцОптчСх (см. рис. 4) наряду с классическими преобразующими элементами выделяет также слой морской воды как оптический преобразующий элемент. Тем самым, с ее помощью с учетом СтрСх ЛзЭлнС ПодводнВдн (см. рис. 3) подготавливается переход к детальному описанию всех этапов РлнПрцсЛзВдн.

С другой стороны, СтрФнкцОптчСх ЛзЭлнС ПодводнВдн описывает физические процессы, протекающие как в отдельных функциональных цепях ЛзЭлнС ПодводнВдн, так и во всей системе в целом, и наглядно отображает поведенческую, или функционально-преобразующую, связность, которую индуцирует разработанная СтрСх создаваемой системы (см. рис. 3). В результате СтрФнкцОптчСх ЛзЭлнС ПодводнВдн (см. рис. 4) наполняет узлы I–IV на рис. 2 функционально-преобразующим содержанием и дает возможность перейти к построению СтрСх РлнЛзИзмртлПроцесса (рис. 5), раскрывая его оптико-

физический смысл. Она позволяет также строго и обоснованно выделить все преобразующие элементы ЛзЭлнУстр ПодводнВдн, задавая их поведение на наглядном дифракционно-геометрооптическом языке.

*СтрСх РлнПрцЛзВдн как ППС в ЛзЭлнС ПодводнВдн* (см. рис. 5) продолжает построение парадигмального схемно-структурного “графового модельного каркаса”. Она представляет собой дальнейшее развитие СтрСх ПрцЛзВдн (см. рис. 1) и наполняется конкретным содержанием амплитудных сигнальных параметров  $\vec{s}$  и энергетических (интенсивностных) структур St каждой из четырех стадий (формализуемых операторами поведения) синтезируемого ИдлнПрцЛзВдн. Поэтому она совместно с СтрФнкцОптЧСх (см. рис. 4) служит структурно-функциональным фундаментом для создания тех математических моделей ЛзЭлнС ПодводнВдн, которые описывают структуру и поведение системы с целью осуществления видения под водой.

Первая стадия формирования ЗондЛзСигнП состоит из трех подстадий. Как показано на рис. 5, после генерации на первой подстадии лазерного поля (ЛзП) осуществляется его модуляция на второй подстадии. Затем с помощью оптической системы на третьей подстадии формируется пучок с заданной расходимостью. Таким образом, сигнал на выходе ФрМОС 3 (см. рис. 4) имеет вид комплексной амплитуды  $s_2 = A_{\text{зонд}}^{\text{Лз}}$ , а зондирующая структура  $\text{ZndSt}(s_2) = I_{\text{зонд}}^{\text{Лз}} = |A_{\text{зонд}}^{\text{Лз}}|^2$  представляет собой распределение интенсивности излучения лазерного пучка.

Вторая стадия (см. рис. 5) представляет собой процесс формирования РаснОтржЛзСигнП и также состоит из трех подстадий.

1. Формирование рассеянного зондирующего излучения в результате рассеяния слоем морской воды. При этом  $\text{ZndSt}(s_2)$  преобразуется в рассеянную зондирующую структуру  $\text{ScatZndSt} = E_{\text{расн}}(x, y)$  в виде распределения облученности на объекте наблюдения.

2. Формирование отраженного от объекта лазерного поля. В результате происходит отражение зондирующего излучения от объекта наблюдения и формируется отраженная структура в виде распределения яркости отраженного от объекта излучения:  $\text{ReflSt} = L_{\text{обт}}(x, y) = \rho_{\text{обт}}(x, y) \pi E_{\text{расн}}(x, y)$ , где  $\rho_{\text{обт}}(x, y)$  — коэффициент отражения наблюдаемого объекта.

3. Рассеяние отраженного от объекта излучения при прохождении слоя морской воды. При этом получаем рассеянно-отраженную структуру  $\text{ScatReflSt} = L_{\text{обт}}^{\text{расн}}(x, y)$  в виде распределения яркости рассеянного отраженного от объекта излучения.

В результате третьей стадии регистрации РаснОтржЛзСигнП, сформированного на втором этапе РлнПрцЛзВдн, получается выходной

сигнал, который совпадает с фотоэлектрической сигналограммой видеоструктурой PhtElcSgmVideoSt. При этом на вход регистрирующего устройства поступает рассеянное изображение объекта.

Выходной сигнал регистрирующего устройства представляет собой амплитуду напряжения видеосигнала, т.е.  $s_4 = u_{\text{video}}(t)$ . Обработка видеосигнала производится на ЭВМ в рамках четвертой стадии. Обработанное изображение выводится на экран монитора.

### ***Бинарная подпарадигма классической и принципиальной оптических схем ЛзЭлнС ПодводнВдн***

*КлсчОптчСх ЛзЭлнС ПодводнВдн* разрабатывается на основе СтрФнкцОптчСх (см. рис. 4). Она представляет процесс преобразования оптических сигналов в системе на геометрикооптическом языке. В структурной теории КлсчОптчСх называют композиционной схемой квартарного рода, или оптической функционально-монтажной схемой расположения. Она содержит основные оптические детали и компоненты, расположение которых определяется в результате габаритного и светоэнергетического расчетов. КлсчОптчСх содержит все оптические параметры и характеристики, необходимые для создания чертежной конструкторской документации макетного образца ЛзЭлнУстр ПодводнВдн в виде полунатурной подобной макетной модели.

*Принципиальная оптическая схема ЛзЭлнС ПодводнВдн* завершает построение схемного прообраза ЛзЭлнУстр ПодводнВдн. Она разрабатывается на основе СтрФнкцОптчСх (см. рис. 4), служит для описания поведенческих свойств преобразующих элементов системы. В дальнейшем на ее основе строится внутренняя структурная модель системы, разрабатываются структурные модели и полная алгоритмическая модель поведения системы.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Карасик В. Е., Орлов В. М. Лазерные системы видения. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 352 с.
2. Долин Л. С., Левин И. М. Справочник по теории подводного видения. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 231 с.
3. Малашин М. С., Каминский Р. П., Борисов Ю. Б. Основы проектирования лазерных локационных систем. – М.: Высшая школа, 1983. – 207 с.
4. Немтинов В. Б. Структурная теория оптико- и лазерно-электронных систем. Ч.11. Модельный синтез системы // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Приборостроение". – 1999. – № 3. – С. 22–40.

Статья поступила в редакцию 27.06.2002

Владимир Борисович Немтинов родился в 1940 г., окончил в 1964 г. МВТУ им. Н.Э.Баумана и в 1968 г. МГУ им. М.В.Ломоносова. Канд. техн. наук, доцент кафедры “Лазерные и оптико-электронные системы” МГТУ им. Н.Э.Баумана. Автор более 300 научных работ в области теории оптико- и лазерно-электронных систем, проблем общего и математического моделирования этих систем, а также лазерной дифракционной оптики и голографии.

V.B. Nemtinov (b. 1940) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1964 and Moscow State University n.a. M.V. Lomonosov. Ph. D. (Eng.), assoc. professor of “Laser and Optical and Electronic Systems” department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 300 publications in the field of theory of optical and laser and electronic devices and systems, problems of general and mathematical simulation of the systems as well as laser diffraction optics and holography.



Сергей Александрович Щегольков родился в 1974 г., окончил в 1998 г. МГТУ им. Н.Э.Баумана. Аспирант кафедры “Лазерные и оптико-электронные системы” МГТУ им. Н.Э.Баумана. Автор 8 работ в области модельного синтеза оптико- и лазерно-электронных систем.

S.A. Schegolkov (b. 1974) graduated from the Bauman Moscow State Technical University in 1998. Post-graduate of “Radio Electronic Systems and Devices” department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 8 publications in the field of model synthesis of optical and laser and electronic and systems.



---

**В издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана  
в 2004 г. вышла в свет книга**

**Калугин В.Т.**

Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 648 с.: ил.

ISBN 5-7038-1968-7 (в пер.)

Изложены результаты исследований различных способов управления аэродинамическими характеристиками ракет, ракетных блоков и космических спускаемых аппаратов. Даны методы математического и физического моделирования процессов обтекания органов управления полетом. Систематизирован материал по аэродинамическим, струйным и газодинамическим органам управления, позволяющий создать расчетную базу для аэрогазодинамического проектирования управляющих и тормозных устройств летательных аппаратов.

Книга предназначена для студентов и аспирантов авиационных и ракетно-космических специальностей вузов и технических университетов. Может быть полезна инженерам и научным работникам, специализирующимся в области аэрогазодинамики и проектирования летательных аппаратов.

По вопросам приобретения обращаться по тел. 263-60-45;  
e-mail: [press@bmstu.ru](mailto:press@bmstu.ru)