

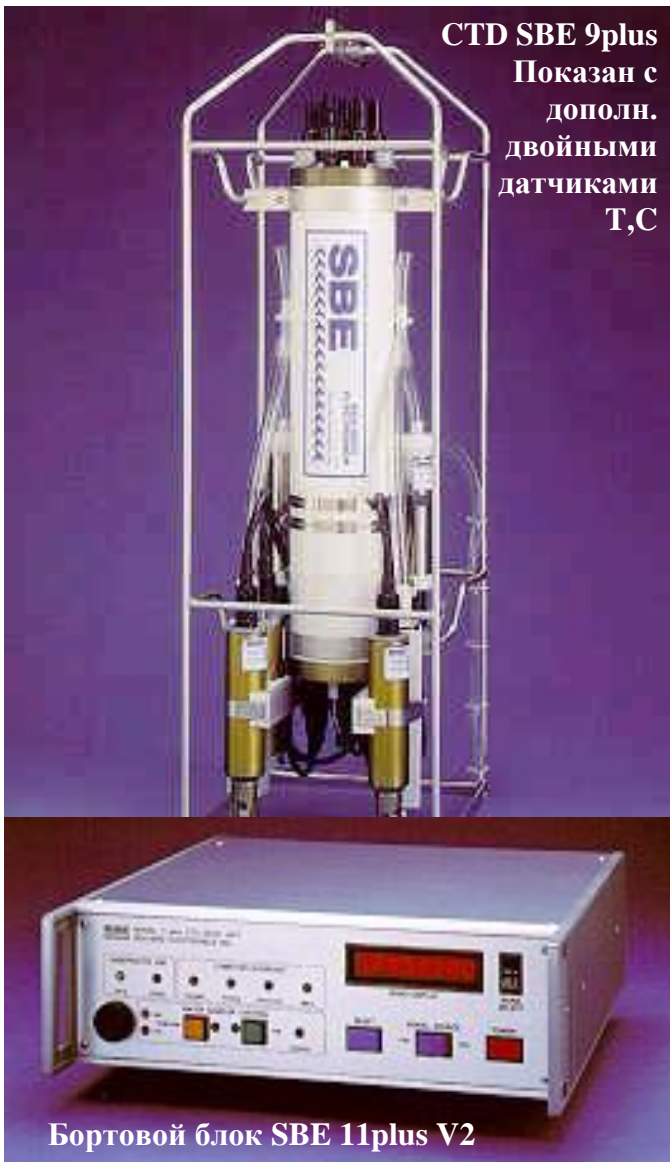
SBE 911plus CTD



Профилограф CTD *Sea-Bird 911plus* на данный момент является одним из наиболее точных средств измерения параметров морской воды в большинстве ведущих океанологических институтов мира.



CTD зонд SBE 9, установленный в раме кассетного батометра



CTD SBE 9plus
Показан с
дополн.
двойными
датчиками
Т,С

Бортовой блок SBE 11plus V2

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- Включает в себя точные и стабильные модульные датчики Т,С
- Датчик давления Paroscientific Digiquartz
- Помповая система прокачки воды через модульные датчики Т,С, позволяющая уменьшить погрешности измерения электропроводности, связанные с рассогласованностью динамических характеристик датчиков
- Частота измерений – 24 Гц (24 изм/сек)
- Возможность работы до 6800 м (алюминиевый корпус) или 10500 м. (титановый корпус)
- Встроенный интерфейс для Т,С датчиков
- 8 А/Ц каналов и достаточный запас мощности для подключения дополнительных датчиков
- Канал модема для управления зондом в режиме реального времени
- Возможность интеграции с системой позиционирования NMEA 0183
- Канал связи с CTD, обеспечивающий передачу информации в режиме реального времени со скоростью 9600 бод (дополнит.)
- Совместим с модулем *SBE 17plus V2 SEARAM* для работы в автономном режиме и для программирования автоматического закрытия батометров кассетного пробоотборника
- Программное обеспечение под Windows 95/98/2000/XP

Описание принципов работы датчиков и точности измерений CTD

CTD **SBE 911plus** получает профили температуры, солености и плотности морских вод с наибольшей возможной в настоящее время точностью вследствие оптимизации как статических, так и динамических характеристик датчиков. Статическая точность (получена в установившихся условиях термостатного калибровочного бассейна) гарантирует, что измерения на глубинах будут верны, что позволит сравнивать результаты измерений, сделанные в разное время и в различных районах. Динамическая точность, в свою очередь, необходима для отражения точности измерения параметров воды в реальных неустановившихся условиях толщи вод. Необходимость рассмотрения неустановившихся условий исходит из того, что соленость, плотность и другие параметры воды рассчитываются из отдельных измерений температуры, электропроводности и давления. Чтобы параметры воды были рассчитаны правильно, отдельные датчики должны измерять одну и ту же воду в одно и то же время.

Разная инерционность датчиков и невозможность измерения одной и той же пробы воды создают не только выбросы в рассчитываемых параметрах, но и систематические погрешности измерений, которые, к сожалению, не могут быть устранены путем осреднения параметров. Например, если у Вас инерционный датчик температуры, то осредняя его измерения в слое значительных градиентов, Вы получите систематическую погрешность обратного знака. То же самое будет происходить и с выбросами вследствие несоответствия времени, требуемого на ответ датчику температуры и электропроводности. Систематические погрешности можно учесть, лишь обрабатывая данные после проведения измерений. Правда, ввести поправки можно только в случае, если инерционность датчика постоянна во времени, ячейка электропроводности равномерно обтекается водой (в случае равномерного потока воды, осуществляемого помпой). Инерционность датчиков, которые неравномерно обтекаются водой, будет неизбежно зависеть от судовой качки и различной скорости опускания прибора.

Чтобы получить максимально возможную точность измерений SBE911 plus имеет следующие отличительные особенности:

- Отдельный точный и неинерционный датчик температуры
- Ячейка электропроводности, не восприимчивая к эффектам наведения
- Постоянный поток внутри модуля датчиков Т,С, обеспечиваемый помпой
- Расположение модульных датчиков в единой системе труб для измерения параметров одного и того же объема воды
- Превосходный пьезокварцевый датчик давления
- Возможность калибровки модульных датчиков отдельно друг от друга
- Использование блока электроники без внутренних ошибок

Точность измерения температуры достигается в процессе калибровки с использованием температурного стандарта – платинового термометра сопротивления. Ни один другой промышленный стандарт не обеспечит Вам такой абсолютной точности. Датчик температуры в **SBE 911plus** увеличивает свою точность за счет того, что он в 10 раз более чувствительный, а также имеет в 100 раз большее абсолютное сопротивление (в точке замерзания воды датчик имеет сопротивление $\sim 1 \text{ ohm/mK}$, в то время как промышленный температурный стандарт - $\sim 0.001 \text{ ohm/mK}$). Неинерционность датчика устраняет необходимость использования комбинаций датчиков с разными динамическими характеристиками. Также датчик в известной степени не восприимчив к вибрации и температурным скачкам.

Ячейка электропроводности фирмы Sea-Bird сделана таким образом, чтобы постараться максимально избежать возможных погрешностей измерений, связанных с загрязнением минеральными и биологическими плёнками, возможными эффектами наведений внешними полями, неконтролируемой инерционностью. Загрязнение – наиболее часто встречающийся источник погрешностей в измерении электропроводности, который может быть устранен периодической чисткой ячейки. Четырехэлектродная кондуктивная ячейка электропроводности создает мощные внешние поля, которые во многом препятствуют точной калибровке и создают дополнительные погрешности измерений в море, вызванные близостью защитной рамы, элементов крепления и других датчиков. Ячейка фирмы Sea-Bird создает внешние поля только внутри себя и тем самым значительно уменьшает эффекты наведения. Поток воды через нее постоянен, что позволяет контролировать степень инерционности ячейки, соединение с датчиком температуры через общий трубопровод гарантирует измерение параметров одной и той же пробы воды.

Наибольшая доступная точность измерения давления обеспечена применением пьезокварцевого датчика Paroscientific Digiquartz. Более экономичные датчики давления, которые используются в большинстве

других CTD, имеют значительный гистерезис и значительные ошибки, связанные с влиянием температуры на измерение давления, что, в свою очередь, требует более тщательной последующей обработки данных. Выбор компании Sea-Bird остановился на дорогом, но очень точном датчике давления, который минимизирует все основные виды погрешностей еще до обработки данных. Датчик имеет противовибрационный механизм, минимизирующий дополнительные погрешности.

Датчики **SBE 911plus** могут калиброваться отдельно друг от друга, без каких-либо потерь в дальнейшей точности измерений параметров, так как **SBE 9** оцифровывает значения температуры, солености и давления через вычисление частотных характеристик каждого из датчиков. Сопротивление кабеля, параметры разъемов и просто внешний электрический шум не могут повлиять на точность измерений и на одновременность их получения, которая зависит лишь от стабильности внутренних кварцевых часов. В то же время ошибки, связанные с погрешностями в работе часов, незначительны.

Как работает SBE 911 plus

Работа датчиков: Температурный датчик SBE 3plus представляет собой небольшой модуль, в который включены высокочастотный термистор, защищенный от влияния давления, и интерфейс управления электроникой Wien-bridge-oscillator. Термистор является переменным элементом в структуре электрического моста, в то время как точные резисторы Vishay и два ультрастабильных конденсатора - постоянные элементы. Датчик электропроводности (SBE 4C) схож в управлении и конфигурации с датчиком температуры, только интерфейс Wien-bridge является переменной составляющей. Датчик давления также получает на выходе частотные характеристики. Термистор, смонтированный внутри датчика давления, используется для уменьшения температурного дрейфа датчика давления. Информация о калибровке каждого из датчиков содержится в наборе калибровочных коэффициентов, используемых в уравнениях, которые переводят частоты в инженерные единицы.

Работа системы: Бортовой блок **SBE 11plus V2** предоставляет питание на подводный кабель, расшифровывает данные, приходящие с прибора, осуществляет связь с ПК через RS-232 или IEEE-488. Помимо этого на бортовой блоке имеется кнопка закрытия батометров кассеты **SBE 32**, а также статусная лампочка **SBE 32** и разъемы для получения данных в реальном времени. Подводный блок **SBE 9plus** включает в себя модульные датчики температуры, электропроводности и небольшую внешнюю помпу. К корпусу посредством подводного кабеля подведено питание. Электроника подводного блока выполняет три основные функции: регулировка сигналов внутреннего моста, управление внешними датчиками и помпой, а также оцифровка выходных значений датчиков и управление режимом телеметрии.

Питание: В отличие от большинства CTD, в которых бортовой блок предоставляет постоянный ток, **SBE 11plus V2** передает постоянное значение напряжения морскому кабелю. **SBE 9plus V2** принимает это напряжение (за вычетом потерь прохождения тока по кабелю), регулирует к постоянной величине и переводит ток в конвертер, который и создает питание для системы ((+14.3/-13.5, +8, и +5 В). У этого метода есть несколько преимуществ: уменьшены потери питания через прохождение сигнала по морскому кабелю, подводному блоку не нужно рассеивать неиспользованное питание.

Получение сигналов и режим телеметрии: Разъемы на нижней крышке **SBE 9plus** питают модульные датчики, а также принимают выходную информацию от них. Измеренная частота от датчиков температуры, электропроводности и давления передается на отдельные схемы, которые затрачивают 1/24 секунды на получение двоичного значения частоты каждого из датчиков. У **SBE 9plus** есть 4 корпусных разъемов для подключения дополнительных датчиков. Каждый разъем предоставляет +14,3 В и предоставляет вход к 2 дифференциальным А/Ц каналам с разрешением 12 бит и напряжением от 0 до 5 В. Двоичные данные передаются с частотой 24 раз в секунду от модульных и дополнительных датчиков по одно- или двухжильному кабелю в бортовой блок в режиме телеметрии.

Модем и управление кассетным батометром SBE 32: 300 бодовый дуплексный поднесущий модем FSK (2025/2225 Гц прием; 1070/1270 Гц посылки) предоставляет отдельный канал связи для управления кассетным батометром **SBE 32**. Батометры можно закрывать на нужных Вам глубинах, либо с помощью кнопки на бортовой блоке, либо используя SEASOFT, используя ПК, к которому подключен модем. Прерывания записи данных CTD не происходит в момент закрытия батометров.

Компоненты системы

СТД **SBE 911plus** состоит из подводного блока **SBE 9plus** с модульными датчиками температуры, электропроводности и давления с возможностью подключения дополнительных датчиков растворенного кислорода, хлорофилла и т.д., погружной помпой, а также из бортового блока управления **SBE 11plus V2**. Для работы в режиме реального времени требуется кабельная лебедка, и ПК для управления системой. Дополнительный блок **SBE 17plus V2 SEARAM** позволяет записывать данные в режиме реального времени и обеспечивает самостоятельную работу СТД. Также блок позволяет программировать закрытие батометров кассеты на определенной глубине, тем самым, позволяя избежать использования бортового блока, кондуктивного морского кабеля и кабельной лебедки.

Подводный блок SBE 9plus

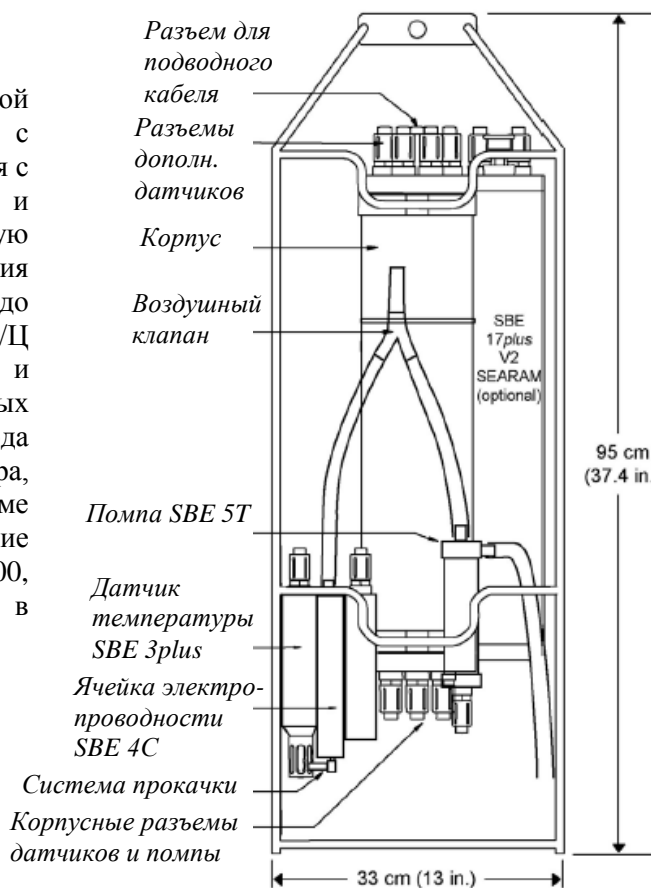
Подводный блок **SBE 9plus** в стандартной комплектации имеет алюминиевый корпус с диапазоном рабочих глубин до 6800 м и поставляется с одним модульным датчиком температуры и электропроводности (соединены в одну проточную систему), а также внешним датчиком давления Paroscientific Digiquartz с диапазоном измерения до 6800 м. Зонд имеет 8 канальный 12 битный А/Ц конвертер с дифференциальным входом и возможностью подключения наиболее используемых дополнительных датчиков (растворенного кислорода SBE 43, рН SBE 18 или SBE 27, флюориметра, альтиметра и т.д.), канал модема для работы в режиме телеметрии. Также представлены и другие рабочие диапазоны для датчика давления: 1400, 2000, 4200, 10500 м, а также титановый корпус до глубин в 10500м.

Бортовой блок SBE 11plus V2

Бортовой блок **SBE 11plus V2** включает в себя интерфейс RS-232 и IEEE-488, канал модема для управления прибором в режиме реального времени (включая кнопку закрытия батометров и сигнальную лампочку), канал NMEA для подключения GPS устройства, 12 битный А/Ц канал вход для датчика освещенности, переключатель режимов напряжения (115/230 В), резервное устройство записи данных, светодиод для чтения сырых данных, а также звуковая сигнализация альтиметра. **SBE 11plus V2** предоставляет выход значений с дистанционного датчика давления, а также экспорт данных в ASCII формате. Калибровочные коэффициенты хранятся в памяти EEPROM, а отдельный микропроцессор пересчитывает сырые значения в температуру, электропроводность и т.д. **SBE 11plus V2** поставляется в отдельном блоке с монтажным набором для крепления на судне.

SBE 17plus V2 SEARAM

SEARAM предоставляет питание для **SBE 9plus** и кассетного пробоотборника **SBE 32**, является внешней памятью для зонда и управляет кассетой в автономном режиме с функцией автоматического закрытия батометров. Как только магнитный ключ **SEARAM** переведен в положение «on», данные измерений, время, номер и т.д. начинают записываться в память. 16 Мб памяти хватает для работы в течение 15 часов непрерывной записи T,C,P с частотой 24 Гц. В то же самое время **SEARAM** может



осреднять значения измерений с выбранной Вами частотой. SEARAM может быть запрограммирован закрывать батометры при достижении определенного давления по показаниям датчика. Скачивание данных занимает 12 минут при скорости 38.4 кБод. SEARAM включает в себя батарею из NiMH аккумуляторов и зарядное устройство.

Если в систему включен модуль SEARAM, то система называется SBE 917plus.

ПО – SEASOFT под Windows

ПО, поставляемое с каждым SBE 911plus рассчитывает набор параметров морской воды: соленость, скорость звука, частоту Вайсяля-Брента, плотность и т.д., а также переводит в инженерные единицы измерения с дополнительных датчиков флуоресценции, кислорода, освещенности и др. ПО также используется для построения графиков и карт распределения параметров в режиме реального времени, одновременно сохраняя данные в память. ПО обеспечивает дальнейшую обработку данных, включая сглаживание и различные фильтры, а также набор стандартных океанологических модулей обработки данных. Если SBE 911plus работает совместно с кассетным пробоотборником, то в ПО можно сохранить конфигурационный файл с информацией о глубинах закрытия батометров. SEASOFT обновляется достаточно часто, и пользователи SBE 911plus имеют оперативную возможность получить новые версии ПО через web сайт.

Метрологические стандарты и калибровка

Согласно рекомендациям Американского института метрологии и технологий метрологическая лаборатория Sea-Bird создана, чтобы иметь возможность получать точность температурных измерений в $50 \mu\text{K}$ с погрешностью 0.0005°C . Чтобы достичь таких результатов Sea-Bird использует высочайший температурный стандарт, использующий температуру тройной точки воды и температуру плавления галлия, совместно с двумя стандартными платиновыми термометрами сопротивления YSI 8163 и мостом ASL Model F18 Automatic Temperature Bridge. Стандартная вода IAPSO и солемер Guildline 8400B позволяют уменьшить погрешность калибровки ячейки электропроводности до 0.002 епс.



Датчики температуры и электропроводности SBE 911plus калибруются в безградиентных, автономных бассейнах с внутренними погрешностями, не превышающими стандарты Sea-Bird, а именно 0.0005°C и 0.001 епс. Калибровочные значения сопоставляются друг с другом, чтобы в конечном итоге получить наиболее оптимальные коэффициенты. Данные предыдущих калибровок также сохраняются, чтобы получить возможность оценить временной дрейф датчиков.

Калибровка датчика давления Digi Quartz выполняется фирмой Paroscientific с использованием первичного стандарта по давлению DH Model 5206 (грузопоршневой манометр) с сертифицированной погрешностью в 0.01% от рабочего диапазона датчика (0.7 дцбр при датчике давления до 6800 м).

Стабильность и погрешность измерений кварцевых часов SBE 911plus проверяется стандартным 60кГц осциллятором Spectracom Model 8163.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основные характеристики

<i>Диапазон измерений</i>	<i>Электропроводность</i>	0 – 7 См/м	
	<i>Температура</i>	-5 - +35 °С	
	<i>Давление</i>	0 – 1400/2000/4200/6800/10500 м	
	<i>Вход на А/Ц канал</i>	0 - +5 В	
<i>Погрешность</i>	<i>Электропроводность</i>	0.0003 См/м	
	<i>Температура</i>	0.001 °С	
	<i>Давление</i>	0.015% ПШ	
	<i>Вход на А/Ц канал</i>	0.005 В	
<i>Стабильность</i>	<i>Электропроводность</i>	0.0003 См/м в месяц	
	<i>Температура</i>	0.0002 °С в месяц	
	<i>Давление</i>	0.018% ПШ в год	
	<i>Вход на А/Ц канал</i>	0.001 В в месяц	
<i>Разрешение (при 24 Гц)</i>	<i>Электропроводность</i>	0.00004 См/м	
	<i>Температура</i>	0.0002 °С	
	<i>Давление</i>	0.001% ПШ	
	<i>Вход на А/Ц канал</i>	0.0012 В	
<i>Время отклика датчика</i>	<i>Электропроводность</i>	0.065 сек	
	<i>Температура</i>	0.065 сек	
	<i>Давление</i>	0.015 сек	
	<i>Вход на А/Ц канал</i>	5.5 Гц	
<i>Погрешность, связанная с часами</i>	<i>Электропроводность</i>	0.00005 См/м	
	<i>Температура</i>	0.00016 °С	
	<i>Давление</i>	0.3 дбар (для датчика до 6800 м)	
<i>Габариты, мм</i>	<i>9plus</i>	952 x 330 x 305	
	<i>11plus V2</i>	132 x 432 x 432	
<i>Вес, кг</i>		<i>В воздухе</i>	<i>В воде</i>
	<i>9 plus (алюминий)</i>	25	16
	<i>9 plus (титан)</i>	29	20
	<i>17 plus V2 (алюминий)</i>	9	4.5
	<i>17 plus V2 (титан)</i>	12	7.3
	<i>11 plus V2</i>	10	---

Другие характеристики

Питание SBE 9plus для дополнительных датчиков	1 Ампер при +14.3 В
Требования к питанию для работы SBE 11plus V2	130 Ватт при 115 или 230 В 50-400 Гц
Внутреннее сопротивление морского кабеля	0 – 350 Ом
Скорость передачи модема	300 бод

SBE Sea-Bird Electronics, Inc.
1808 136th Place NE, Bellevue, Washington 98005 USA
Website: <http://www.seabird.com>

E-mail: seabird@seabird.com
Telephone: (425) 643-9866
Fax: (425) 643-9954

Компания Технополь

105275 Москва, ш. Энтузиастов д. 29 кор. 4 (11-й этаж) тел: 8 (495) 227-9811
141980, г.Дубна, ул Энтузиастов 5-183, тел: 8 (496) 213-3935, факс: 8 (496) 212-7996
E-mail: technopole@dubna.ru, www.technopole.com.ru