

Mr. FROG

ПОЧТИ ВСЁ, ЧТО ВЫ ХОТЕЛИ БЫ ЗНАТЬ О ПОДВОДНЫХ ФОНАРЯХ

*...Про светодиоды не надо. Бред это всё.
Не сравнятся они с ХИДом.
Не светят они. Наелся уже этой каши.
Годятся для бэкапников и всем это уже ясно.*

Фёдор Маусов
Санкт-Петербург

Тема подводного освещения неустанно муссируется в дайверской среде уже несколько лет, и конца и края этому, похоже, не видно. И это естественно, ведь каждый дайвер, «дозревший» до серьёзных погружений, рано или поздно сталкивается с проблемой выбора достойного фонаря. Обычно, при покупке снаряжения, люди очень скупулёзно относятся к выбору регуляторов, жилетов и даже ластов, но на вопрос продавца, какой нужен фонарь, от начинающих в ответ часто можно услышать: «самый дешёвый». А как известно, под водой, а особенно в наших водоёмах, света много не бывает, и обычно очень скоро выясняется, что этот приобретённый «самый дешёвый» фонарь избытком такого совсем не балует. Да и особым удобством тоже. Надо менять... вот только на что??? Вот тут то и разгораются дебаты на тему, а какой же фонарь самый лучший. И часто участники дискуссий, для подкрепления своего «самого правильного в мире» мнения, используют такую негибкую аргументацию, что возражать против неё равносильно героической попытке остановить танк коромыслом. Ну чем можно опровергнуть заявления про «самый узкий луч в 12 градусов», про «пробивание мути», или про «время работы моей 50-ти ваттной лампы - 8 часов»... При этом люди, заумно рассуждающие о «высоком», зачастую выставляют своё полное невежество в азах.

Для разъяснения многих вопросов, касающихся подводных фонарей, я решил обобщить и изложить имеющиеся у меня знания в этой области. И хотя формат статьи не позволяет детально рассмотреть все нюансы подводного освещения, тем не менее, я постарался достаточно всесторонне раскрыть эту тему. Надеюсь, что изложенная информация окажется полезной для ныряющего сообщества.

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ 1. БАЗИС	3
1.1. Терминология	3
1.2. Время работы	3
1.3. Источники питания	4
1.4. Источники света	6
1.5. Сравнение	8
ЧАСТЬ 2. ТЕОРИЯ	9
2.1. Луч	9
2.2. Муть	11
2.3. Зрение	11
2.4. Луч. Продолжение	13
ЧАСТЬ 3. ПРАКТИКА	15
3.1. Компоновка	15
3.2. Лампа	16
3.3. Отражатель	17
3.4. Световая головка	18
3.5. Канистра	18
3.6. Аккумуляторы	19
3.7. Электроника	19
3.8. Нюансы	20
3.9. Мой выбор	22
ЧАСТЬ 4. БУДУЩЕЕ	23

ЧАСТЬ 1. БАЗИС

1.1. ТЕРМИНОЛОГИЯ

Современный портативный фонарь состоит из двух основных элементов: источника света (будем называть для простоты лампой) и источника питания (аккумуляторной батареей). Для описания их характеристик обычно оперируют следующими понятиями:

1. Мощность лампы, определяемая в ваттах (W). Это мощность её как потребителя электрического тока, а не как источника света.
2. Светоотдача лампы, определяемая в люменах на ватт мощности (Lm/W). Это то, какое количество света будет излучать данная лампа (её яркость) на каждый ватт потребляемой лампой энергии. Светоотдача ламп с их мощностью в ваттах прямо не связана, она различна у ламп различных конструкций. Поэтому оценивать световую мощность ламп по их мощности в ваттах можно лишь в пределах одной группы, либо с необходимой поправкой на характеристики каждой группы.
3. Световая температура, измеряется в градусах Кельвина (K). Не имеет отношения к мощности света, а лишь отражает цветовую гамму светового потока.
4. Напряжение аккумуляторных батарей (и элементов, из которых они состоят) указывается в вольтах (V - volt) или милливольтмах (mV - millivolt).
5. Ёмкость аккумуляторных батарей (и элементов, из которых они состоят) указывается в ампер-часах (Ah - ampere-hour) или миллиампер-часах (mAh - milliampere-hour).

Ну и что же со всем этим делать человеку, не обременённому двумя высшими техническими образованиями? Рассмотрим некоторые прикладные аспекты.

1.2. ВРЕМЯ РАБОТЫ

Для начала вспомним закон Ома, который гласит: для того, чтобы определить мощность в ваттах (W), нужно силу тока в амперах (A) умножить на напряжение в вольтах (V), или иначе говоря $P = I \times U$.

Для каждой лампы обычно указывается сила тока, возникающая при работе данной лампы. Чем выше этот показатель, тем выше мощность лампы в ваттах. Разделив значение ампер-часов батареи на силу тока, указанную на лампе, можно приблизительно определить время работы фонаря. Но только приблизительно, т.к. время работы связано с режимом работы (включений), температурой окружающей среды, типом батарей и многими другими факторами. Поэтому полученный при расчете результат, для приближения значения к реальному, нужно уменьшить раза в полтора. Пример: имея лампу с рабочим напряжением 12 V и током 3 A, подключенную к батарее ёмкостью 9 Ah, время работы нашего фонаря будет $9 / 3 / 1.5 = 2$ часа. Если же для лампы не указана сила тока, а лишь мощность, то силу тока не трудно посчитать по тому же закону Ома, разделив мощность на напряжение питания лампы. Пример: лампа мощностью 24 W, напряжение питания 12 V. Сила тока $24 / 12 = 2$ A. Время работы с нашей батареей ёмкостью 9 Ah составит $9 / 2 / 1.5 = 3$ часа.

Ещё раз повторю, это грубый подсчёт, где мы не принимаем во внимание внутреннее сопротивление батареи и множество других факторов, но он с достаточной точностью позволяет определить время работы фонаря. Это всё, что нужно рядовому дайверу, никакой высшей математики.

Теперь, собственно, о составляющих элементах.

1.3. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

На сегодняшний день применяются следующие типы АКБ (аккумуляторных батарей):

- герметичные свинцово-кислотные элементы (SLA - Sealed Lead Acid);
- никель-кадмиевые (NiCd);
- никель-гидридные (Nickel-Metal Hydride, или NiMH);
- литий-ионные (Li-Ion);
- литий-полимерные (Li-Polymer);
- литиевые (Li-Metal);
- перезаряжаемые щелочные батареи (RAM-Rechargeable Alkaline Manganese).

Прежде, чем говорить о АКБ, которые используются в подводных фонарях, рассмотрим их наиболее важные характеристики:

1. Удельная энергоёмкость - это электрическая ёмкость батарей относительно её веса и размера.
2. Токоотдача батареи - величина, на которую батарея может отдать в нагрузку свою ёмкость до критического падения напряжения.
3. Пиковая токоотдача - способность отдавать большой ток в нагрузку.
4. Надёжность батареи - это способность сохранять свои характеристики в течении срока службы и критичность к условиям эксплуатации;
5. Срок службы - число циклов зарядки/разрядки, которые батарея способна выдержать;
6. Характеристики работы при низких температурах - количество энергоёмкости в процентах, которое теряет батарея при температурах около 0 градусов цельсия и ниже.
7. Наличие и величина эффекта памяти - насколько батарея подвержена потере ёмкости в случае зарядки не полностью разряженной батареей.
8. Саморазряд - способность сохранения заряда, количество энергоёмкости в процентах, которое теряет батарея при хранении без электрической нагрузки.
9. Время зарядки - время в часах, которое необходимо для полного заряда батареи после полного допустимого разряда.
10. Стоимость - отношение цены АКБ к количеству циклов работы.

Техника в области аккумуляторов шагает вперёд не так быстро, как в области источников света. Все вышеперечисленные АКБ были изобретены несколько десятилетий назад, и непрерывно модернизировались все эти годы, но до совершенства им всё ещё далеко. С учётом технических характеристик и особенностей в подводных фонарях применялись только первые четыре типа АКБ из вышеприведённого списка. В настоящий момент свинцовые батареи практически перестали использоваться в фонарях. Я сам несколько лет эксплуатировал фонарь с SLA, но аккумуляторы этого типа имеют один недостаток, который и в прямом, и в переносном смысле перевешивает все их достоинства. У них самая низкая удельная энергоёмкость. Потому применение SLA в мобильных системах с мощными источниками света сегодня нецелесообразно из-за их больших габаритов и веса. Единственный плюс таких батарей - их низкая стоимость. Что касается NiCd, которые долгое время активно использовались в подводных фонарях в силу их высоких характеристик и надёжности, то они запрещены к использованию в Европейском Союзе с 26 сентября 2008 года. Связано это с тем, что начинка этих батарей содержит ядовитые металлы (особенно кадмий), сложные для утилизации.

Таким образом, в современных подводных фонарях используются только два типа АКБ - никель-металгидридные и литий-ионные. Рассмотрим основные плюсы и минусы каждого из них.

Никель-гидридные аккумуляторы. Никель-металгидридные (Nickel-Metal Hydride, или NiMH) АКБ являются дальнейшим развитием никель-кадмиевого аккумулятора со значительно более благоприятными для окружающей среды материалами. Современные батареи на основе NiMH имеют более высокую энергоёмкость по сравнению с NiCd (от 40 до 60%), могут использоваться в системах большей мощности и меньше подвержены эффекту памяти - циклы подзарядки могут быть сколь угодно короткими, а полная разрядка требуется не часто. Ряд фирм, выпускающих современные NiMH-аккумуляторы, даже заявляет, что их аккумуляторы практически полностью лишены этого эффекта, но «злые языки» утверждают, что эффект памяти в никель-гидридных аккумуляторах просто не успевает проявляться из-за малого срока их эксплуатации. Да, к сожалению, срок эксплуатации NiMH-аккумуляторов меньше, чем элементов на основе NiCd. Но если первые NiMH-элементы могли обеспечить только 200-300 циклов зарядки, то современные можно перезаряжать уже от 500 до 1000 раз (а это уже более, чем достаточно). К косвенным недостаткам можно отнести очень высокую саморазрядку (до 30% в месяц) - необходимо часто перезаряжать после хранения, а также то, что NiMH аккумуляторы не могут заряжаться быстро, время их заряда обычно в 2-3 раза больше, чем у NiCd. Никель-гидридные аккумуляторы, как правило, считаются вполне работоспособными на морозе, а при температурах около 0 °C эти аккумуляторы могут обеспечить порядка 90% от полной ёмкости

при больших токах. Сегодня никель-гидридные аккумуляторы являются оптимальными по соотношению «цена/ёмкость» и достаточно надёжными источниками энергии.

Литий-ионные аккумуляторы. Литий-ионные (Li-Ion) АКБ являются следующим шагом в эволюции аккумуляторов. Несмотря на то, что первые работы с батареями на основе лития начались еще в 1912 году, широкое их применение началось всего несколько лет назад из-за проблем с безопасностью. Литий — самый легкий из металлов и имеет большой отрицательный электрохимический потенциал, поэтому батареи на его основе теоретически обеспечивают самую высокую удельную энергоёмкость. Но из-за высокой агрессивности лития и неустойчивости соединений на его основе аккумуляторы вели себя неадекватно, особенно в процессе зарядки. Поэтому исследователи переключились на неметаллические литиевые батареи, использующие ионы лития (Li-Ion), которые при соблюдении некоторых предосторожностей стали вполне безопасны как при зарядке, так и при разрядке, хотя и имеют меньшую энергетическую плотность. В 1991 году корпорация SONY создала первый коммерчески удачный литий-ионный аккумулятор на основе оксида кобальта (Li-Co), и с тех пор батареи на основе лития пользуются большой популярностью, при этом активно развиваясь и совершенствуясь. Сегодня аккумуляторы на основе лития считаются наиболее эффективными и удобными по многим параметрам: они имеют большую удельную энергоёмкость (в 2-3 раза выше, чем у NiCd батарей), показывают неплохие нагрузочные характеристики (хотя уступают NiMH батареям при использовании под нагрузкой большой мощности), имеют малое внутреннее сопротивление и очень длительный саморазряд (2-5% в месяц). Они практически не подвержены влиянию эффекта памяти. Их можно ставить на зарядку когда угодно, и держать в зарядном устройстве сколь угодно долго (зарядные устройства для Li-Ion аккумуляторов после окончания заряда автоматически отключаются). Всё это делает АКБ такого типа лидерами там, где необходима высокая энергоёмкость при малом размере и весе (в том числе, и в подводном освещении). Но у Li-Ion-батарей есть и ряд недостатков.

Во-первых, они подвержены деградации («старению»), то есть некоторое неизбежное уменьшение ёмкости наступает уже через год после выпуска, причем независимо от того, находится ли батарея в активном использовании, или нет. По истечении двух-трех лет многие Li-Ion-аккумуляторы безвозвратно теряют ёмкость, вне зависимости от количества циклов заряд/разряд, и, в отличие от NiCd аккумуляторов, уже не восстанавливаются. Именно поэтому, большинство производителей обходят молчанием сроки их эксплуатации. Кроме того, литий-ионные аккумуляторы существенно теряют ёмкость при низких температурах, особенно при больших токах нагрузки (отдача падает до 40%), хотя большинство производителей заявляют, что при температурах, близких к 0°C, уменьшение ёмкости литий-ионных аккумуляторов мало заметно. Из косвенных недостатков можно упомянуть также то, что Li-Ion аккумуляторы имеют нестандартное напряжение 3,6 или 7,2 В (это связано с применяемыми в них химическими компонентами).

Однако самой большой проблемой является термическая нестабильность литий-кобальта. Литий-кобальт склонен к термическому взрыву, когда превышает определённую внутреннюю температура (+150°C) или когда аккумулятор слишком долго заряжают. Это может привести к внутренней цепной химической реакции и воспламенению, которое невозможно потушить обычными средствами, даже перекрыв доступ кислорода. Именно поэтому такие аккумуляторы запрещено транспортировать в самолётах, во избежание крушения. Известно даже о случаях отзыва литий-ионных аккумуляторов фирмой SONY из-за опасности воспламенения. По этим причинам Li-Ion аккумуляторы развили дальше, заменив проблемный кобальт на марганец-шпинель и получили литий-марганцевый аккумулятор (Li-Manganese). У таких аккумуляторов точка неконтролируемого взрыва смещена до отметки +250°C, они имеют немного меньшую энергоёмкость, чем литий-кобальт, но зато отличаются выносливостью к быстрой зарядке. Кроме того, такие аккумуляторы более устойчивы к холоду. Но, не смотря на это, для обеспечения безопасности и долговечности работы ЛЮБЫХ литиевых аккумуляторов требуются специальные управляющие интегральные схемы и управляющие ключи, которые ограничивают пиковое напряжение на клеммах элемента в течение зарядки и предотвращают слишком резкое падение напряжения на клеммах элемента при разрядке. Но электроника не может распознать внутренние повреждения банок, вызванные неправильной эксплуатацией (механическими воздействиями, использованием неисправного зарядного устройства, переохлаждением или перегревом), а иногда и ошибками при производстве (как это случилось у SONY). Поэтому, литиевые аккумуляторы имеют датчики температуры и тепловые предохранители, которые контролируют баланс банок и температуру элементов во избежание опасного перегрева в процессе зарядки/разрядки, и при необходимости размыкают аккумулятор навсегда. А это ведёт к снижению общей энергоёмкости батареи и сказывается на её надёжности.

Насколько мне известно, существует только один изготовитель аккумуляторов – SANYO – который снял запрет на использование своих аккумуляторов для подводных фонарей. Тем не менее, на сегодняшний день многие производители подводного света перешли на применение литиевых аккумуляторов в своих фонарях, а некоторые, например, немецкая фирма MB-SUB, уже использует самые современные литий-марганцевые батареи фирмы SONY. Однако, они пока являются самыми дорогими из доступных сегодня на рынке.

1.4. ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Имея (или рассчитав) мощность лампы и приняв во внимание характеристику светоотдачи данного типа лампы, можно сделать вывод о силе светового потока своего фонаря. Световой поток – это мощность видимого излучения, оцениваемого по световому ощущению, которое оно производит на нормальный человеческий глаз (проще говоря, насколько ярко будет светить фонарь, а ведь именно это нам и нужно знать). В этом смысле можно выделить три основные группы ламп, используемых в современных фонарях, различные по светоотдаче. Это галогеновые лампы (halogen), HID (или, как их еще называют, ксеноновые – xenon) и LED (или светодиоды). Обычные лампы накаливания (простые вакуумные или с инертным наполнителем, normal) и криптоновые (crypton) мы не рассматриваем, так как ни один (здравомыслящий, по крайней мере) человек сегодня в фонарях их использовать не будет, это каменный век. Объясню: светоотдача-это как раз тот важнейший параметр, который указывает на КПД (коэффициент полезного действия) лампы. Чем больше люменов отдаёт лампа на ватт полученной энергии, тем она эффективней, тем выше её КПД. Так вот, светоотдача вакуумных ламп не превышает 10-15 люменов на ватт, криптоновых чуть больше - 17-23 люмена на ватт. В лампах этого типа 95% энергии расходуется на тепло, и только 5% - на свет. То есть, их КПД крайне низок, и, в настоящий момент, имеется достаточно других, гораздо более эффективных источников света.

Галогеновые лампы. Это разновидность ламп накаливания, у которых вместе с инертным газом в колбу под давлением вводятся дополнительные химические элементы - галогены (отсюда и название), как правило, пары брома или йода. Такое наполнение позволило, прежде всего, повысить температуру нити накаливания, отчего появилась возможность существенно увеличить светоотдачу. Галогенки превосходят обычные лампы до 270%, имея светоотдачу от 20 до 33 люменов на ватт. Тем не менее, у галогеновой лампы 40% энергии уходит в тепло, и только 60% - в свет.

Ксеноновые лампы. Это принципиально иной источник света. В ксеноновых лампах, в отличие от ламп накаливания, свет образуется не путем разогрева электротокотом нити, которая, раскаляясь, начинает светиться, а иным способом - электрическим разрядом между электродами. Отсюда и техническое название ксеноновой лампы - газоразрядная, HID (High Intensity Discharge). HID лампа заполнена под давлением (около 30 атм в нерабочем состоянии и около 120 атм в режиме горения) смесью инертных газов, включающих ксенон (отсюда и бытовое название) и солями металлов, которые и начинают светиться от высоковольтного разряда. Поскольку для инициализации такого разряда необходимы "стартовые" импульсы высокого (до 25 000 вольт) напряжения, и, соответственно, устройство, способное генерировать эти импульсы, а затем поддерживать "горение" разряда, каждая лампа подключается к аккумулятору через специальный "запальный" блок - контроллер, называемый балластом (ballast). Благодаря принципиально новой конструкции в HID лампах 95% энергии преобразуется в свет, и только 5% - в тепло. Поэтому светоотдача таких ламп достигает 90 люменов на ватт (а по заявлениям некоторых производителей превышает 100 лм/вт).

Светодиоды. Это полупроводниковые твердотельные источники света, имеющие техническое название LED (Light Emitting Diode). Принцип их работы основан на явлении электролюминесценции - холодного свечения, возникающего при протекании тока через кристалл полупроводника. Состав материалов, образующих p-n переход определяет тип излучения. До недавнего времени светодиоды вообще не рассматривались как источники мощного света, так как имели очень низкую светоотдачу (первоначально 0.1 лм/вт). Но прогресс не стоит на месте, уже к 1990 году светоотдача диодов достигла 10 люменов на ватт, в 2005 – 30-50 люменов на ватт (что превзошло светоотдачу галогенок и приблизилось к показателям HID-ламп), а в 2007 компанией OSRAM был выпущен сверхъяркий светодиод белого свечения OSTAR со светоотдачей 100-110 люменов на ватт, что является абсолютным лидером по КПД среди источников света на сегодняшний день.

Итак, зная потребляемую мощность лампы и её светоотдачу, можно определить световой поток, или светимость фонаря, то есть узнать, насколько ярким он будет. Из-за применения различных источников света, каждый из которых, в свою очередь, имеет различную светоотдачу, появилось представление о так называемой «эквивалентной мощности» (equivalent power). Этот термин придумали производители в рекламных целях и служит он, в основном, для запутывания покупателей. Звучит это примерно так: наш фонарь светит «как» 150 ватт галогена, или «аналогично» HID 24W... Забудьте. Нет никаких «как», есть конкретные физические

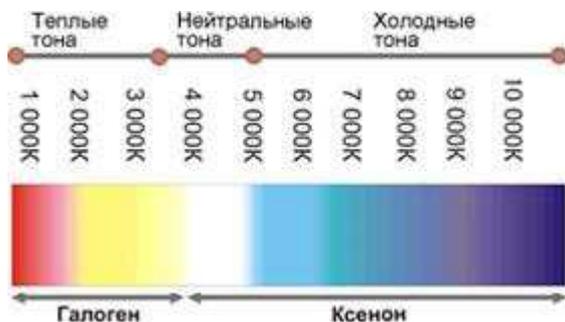
характеристики конкретно каждого источника света. Конечно, в определённых пределах допустимо сравнивать светимости ламп различных типов, но только исходя из конкретных технических характеристик каждой.

О световой температуре. Каждый из источников света имеет свою световую температуру, то есть, излучает свет определенного цвета. Она варьируется от красного к фиолетовому и определяется в градусах Кельвина. Чем выше световая температура источника, тем более голубой (фиолетовый) свет он излучает. Чем ниже – тем желтее (краснее) свет.

Это объясняет тот факт, что свет ксеноновых газоразрядных ламп имеет голубой оттенок, а обычных галогеновых – желтоватый. Цветовая температура HID ламп варьируется в зависимости от состава в газе ксенона и хлоридов некоторых металлов. Цвет свечения меняется от желтоватого 4300 К до фиолетового 12000 К.



Для искусственных источников картина примерно следующая:



Пламя спички - 2000 К
 Пламя газовой зажигалки - 2300 К
 Лампа накаливания - 2500 К
 Лампа галогеновая - 2800-3500 К
 Ксенон - 4200-12000 К
 Светодиоды – 3200-8500 К

Эта диаграмма показывает полный диапазон белого от его более теплой желтоватой области 2800 К, до холодной синевато-фиолетовой области 9000 К.

Так какая же температура является оптимальной? Для белых светодиодов оптимальной считают температуру 6500 К, которая стала фактическим стандартом, и многие компании, производящие светодиоды, предлагают этот единственный оттенок белого. Для сравнения, естественный солнечный свет имеет световую температуру около 5000-5500 градусов Кельвина. При использовании в фонарях источника света с такой температурой достигается чистый белый свет (всё, что выше, уходит в синеву, всё что ниже – в желтизну). В результате такой свет в силу особенности своего спектрального состава снижает нагрузку на глаза и позволяет лучше видеть объекты, находящиеся на большем расстоянии.

Существует заблуждение, что световая температура связана с количеством излучаемого света, и чем она выше, тем ярче светит лампа. Это не так, эти характеристики напрямую между собой не связаны. Наоборот, необходимо иметь в виду такую особенность HID ламп, что с ростом световой температуры их световой поток падает. К примеру, лампа с температурой 6000 К светит на 30% слабее, чем лампа с температурой 4300 К.

1.5. СРАВНЕНИЕ

Заканчивая тему ламп, рассмотрим основные преимущества и недостатки каждого из упомянутых источников света.

Галогеновые лампы. В фонарях чаще всего используются лампы типа XENOPHOT, имеющие маркировку HLX. У них наиболее высокая светоотдача и световая температура среди галогеновых ламп. Тем не менее, светоотдача этих ламп ниже и излучаемый ими свет имеет более жёлтый оттенок по сравнению с HID и LED лампами. Из недостатков галогена – непродолжительный срок службы (до 500 часов, реально около 200-300 часов), довольно высокая теплоотдача, что приводит к сильному нагреву деталей и делает невозможным продолжительное включение фонаря на воздухе, критичность к ударам и вибрациям, так как при этом происходит обрыв нити накаливания. Из плюсов – галогеновые лампы дешёвы и наиболее широко распространены (и, следовательно, легко заменимы).

Ксеноновые лампы. Имеют множество достоинств: очень высокий КПД, продолжительный срок службы (до 5000 часов, реально около 2000 часов, так как к этому сроку лампа "теряет" около 30% своей яркости, приближаясь по количеству отдаваемого света к галогеновой), большая вибрационная и ударостойкость (у ксеноновой лампы нет спирали накаливания – перегорать просто нечему), независимость светового потока от питающего напряжения (поскольку между лампой и АКБ есть еще блок розжига, то он стабилизирует рабочее напряжение на лампе). Свет ксеноновой лампы более близок по своему спектру к дневному (а глазу более привычно видеть все в свете, максимально приближенном к солнечному). Меньшая теплоотдача лампы делает возможным более продолжительное включение фонаря на воздухе. Также ксеноновая лампа не боится влаги. Главным недостатком "ксенонового света" считается сложность его устройства из-за необходимости применения балласта (в связи с этим также можно услышать о якобы более низкой надёжности ксеноновых фонарей из-за применения в конструкции электроники, что не совсем так). Кроме того, ксенон чувствителен к short-strike – лампа может перегореть, если включить её сразу после выключения, не дав ей остыть, и также плохо переносит выключения, пока она не полностью разгорелась. Поэтому в фонарях обычно применяется «автомобильный» ксенон, более стойкий к кратковременным включениям/выключениям. Также к недостаткам ксенона относится высокая цена как самих ламп, так и балластных блоков.

Светодиоды. Основными преимуществами LED являются высокий КПД (самая большая светоотдача при самом низком энергопотреблении), медленная деградация, а отсюда поистине «вечное» время жизни – до 50 000 часов, вибро и ударостойкость, очень высокая механическая прочность и надёжность (из-за отсутствия нити накаливания и стеклянной колбы), не критичность к частым включениям/выключениям, близкий к дневному свету спектр. К недостаткам относится низкая светимость единичного источника света (говоря проще, на сегодняшний день один светодиод может выдавать максимум 1100 люменов), высокая теплоотдача (мощные диоды во время работы продуцируют тепло в полупроводниковом переходе и сильно нагреваются). Если полупроводниковый переход перегревается, то изменяются характеристики светодиода (снижается светоотдача), и через некоторое время он может выйти из строя, так что очень важно строго контролировать количество тепла и обеспечивать эффективный теплоотвод. Косвенным недостатком можно назвать также необходимость применения конвертера (driver) – электронной схемы, управляющей работой диодов (выполняет ту же функцию, что балласт для HID лампы – стабилизирует ток, протекающий через светодиод). Особенностью светодиодных систем является также то, что они обладают так называемым «хвостом»: по исчерпанию запаса энергии источника питания светодиоды сохраняют способность излучать свет низкой интенсивности при очень низких значениях напряжения питания. Это может длиться очень долго, поскольку электрическая эффективность системы в таком режиме значительно возрастает. На практике это позволяет светодиодному фонарю излучать хоть и слабый, но свет, в то время, как фонарь с лампой другого типа уже давно бы погас. Но нужно отметить, что работа фонаря в таком режиме приводит к глубокому разряду аккумуляторных батарей, что крайне негативно сказывается на их ёмкости, а при многократном повторении делает АКБ полностью неработоспособной. Стоит также сказать, что мощные светодиоды пока ещё достаточно дороги.

Итак, разобравшись с основными составляющими, можно представить себе подход к конструированию фонаря: зная требования к условиям его применения, определяется необходимый световой поток и необходимое время свечения, исходя из этого подбираются тип и необходимое количество источников света и аккумуляторных батарей. Всё просто? Отнюдь. Выбор компонентов – это только полдела. Все эти люксы, люмены, канделлы, кельвины и прочее – это, конечно, очень хорошо. Но не даёт совершенно никакого представления о том, как это выглядит на самом деле под водой. Ведь кроме такой немаловажной характеристики фонаря, как количество излучаемого света, огромную роль играет и другая – его качество. И вот здесь на передний план выходит конструктив.

ЧАСТЬ 2. ТЕОРИЯ

Итак, основным показателем яркости фонаря является его светимость, то есть мощность светового потока, создаваемая его источником (или источниками) света. Но помимо этого, важную роль в том, как будет светить фонарь, играет его оптическая система, ибо именно этот узел формирует непосредственно луч. Здесь существует большое количество нюансов, основными из которых являются размер рефлектора, геометрия формируемого им светового пучка (фокус), диаграмма направленности лампы, а также размер её тела свечения (телом свечения называется элемент лампы, который непосредственно излучает свет, например, нить накаливания галогенки или кристалл светодиода). Но, прежде, чем продолжать разговор об оптической системе фонаря, считаю необходимым подробнее рассмотреть некоторые аспекты касательно самого луча.

В настоящее время среди дайверов бытует мнение, что необходимо приобретать фонарь с самым узким лучом без боковой засветки, причём, часто это становится, в буквальном смысле, маниакальным стремлением. Доводилось также слышать мнения, что небольшие маломощные, или резервные (back-up), фонари светят лучше, чем мощные основные, благодаря узкому лучу, «пробивающему» муть. Попробуем разобраться, насколько это соответствует действительности.

2.1. ЛУЧ

Каждый источник света имеет свою диаграмму направленности, которая показывает, в каком направлении он излучает свет. Галогеновые и HID лампы имеют диаграмму направленности 360 градусов, то есть излучают свет более-менее равномерно во всех направлениях, в отличие от светодиодов, диаграмма направленности которых 90-120 градусов. Как только источник света установлен в отражатель (рефлектор), свет собирается и фокусируется в одном направлении. Угол, под которым фокусируется свет, зависит от геометрии отражателя, которые бывают двух основных типов: spot (дают направленный свет) и flood (дают рассеянный свет). Рассеянный свет имеет угол от 90 до 120 градусов и применяется для общего, так называемого фонового, освещения, например, при видеосъёмке. Такой свет малоэффективен в обычных погружениях, поэтому применение фонаря с таким лучом в общем случае нецелесообразно.

Рассмотрим направленный луч. Он имеет три важные характеристики, взаимосвязанные между собой – ширину луча, угол его рассеивания и интенсивность.

Интенсивность – это плотность светового потока луча, которая является очень важной характеристикой. Именно она определяет, насколько хорошо мы будем видеть что-либо, освещаемое нашим фонарём. Интенсивность падающего на поверхность света неизбежно снижается по мере удаления источника света от этой поверхности. Математически, интенсивность света обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника. То есть, при увеличении расстояния в 2 раза интенсивность света уменьшится в 4 раза. Кроме того, луч с большей интенсивностью (плотностью) меньше подвержен рассеиванию, то есть рассеивается на более дальнем расстоянии, чем луч с низкой интенсивностью.

Интенсивность луча зависит, конечно, в первую очередь, от интенсивности излучения самого источника света. Понятно, что, при прочих равных, чем выше светоотдача лампы, тем выше и интенсивность луча. Но кроме этого, ширина получаемого луча и его интенсивность будут зависеть от соотношения между размерами рефлектора и тела свечения. Чем больше диаметр рефлектора, тем шире будет луч и ниже его интенсивность. Чем меньше диаметр рефлектора, тем уже луч, и, следовательно, выше его интенсивность.

Угол рассеивания луча зависит от геометрии рефлектора. Чем меньше угол рассеивания – тем меньшее световое пятно создает фонарь, но тем больше интенсивность света в пределах этого светового пятна. Чем больше угол рассеивания – тем большее световое пятно создает фонарь, но тем ниже интенсивность света внутри пятна. Достаточно условно можно провести аналогию с пожарным брандспойтом. При одинаковом давлении воды более узкая струя воды долетит на большее расстояние, но покроет меньшую площадь. Более широкая струя рассеется раньше, но покроет большую площадь.

Схематично для источников света с одинаковой светоотдачей это выглядит примерно следующим образом:

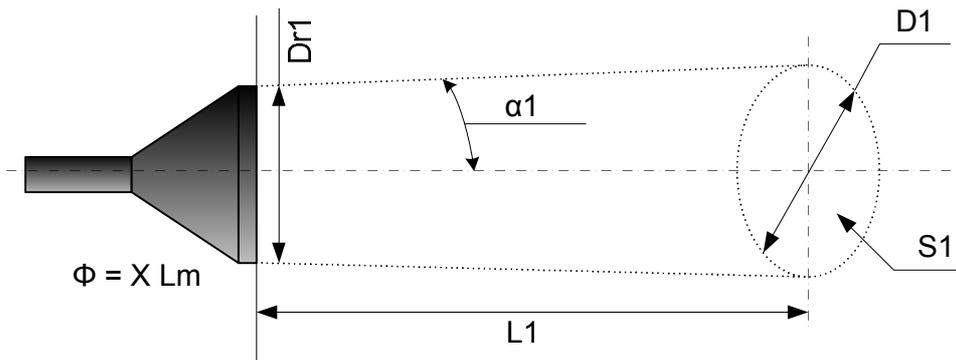


Схема 1. Широкий луч, малый угол рассеивания, невысокая интенсивность, относительно широкое пятно на относительно небольшом расстоянии.

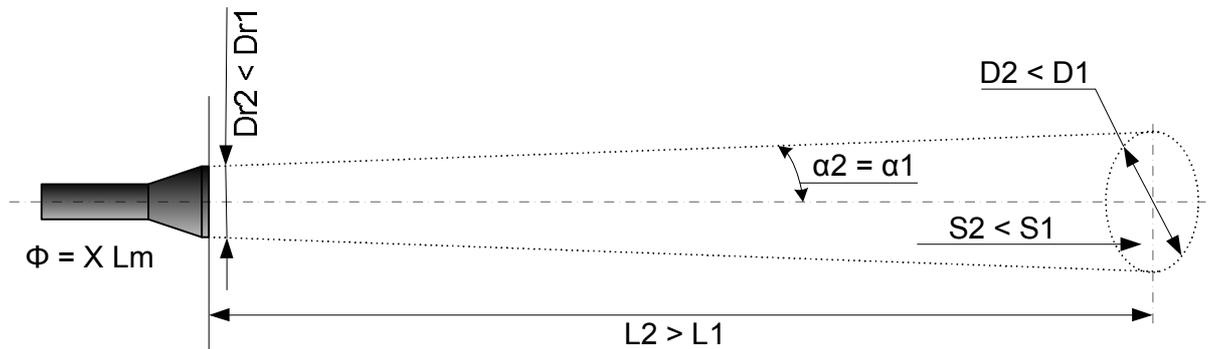


Схема 2. Узкий луч, малый угол рассеивания, высокая интенсивность, узкое пятно на относительно большом расстоянии.

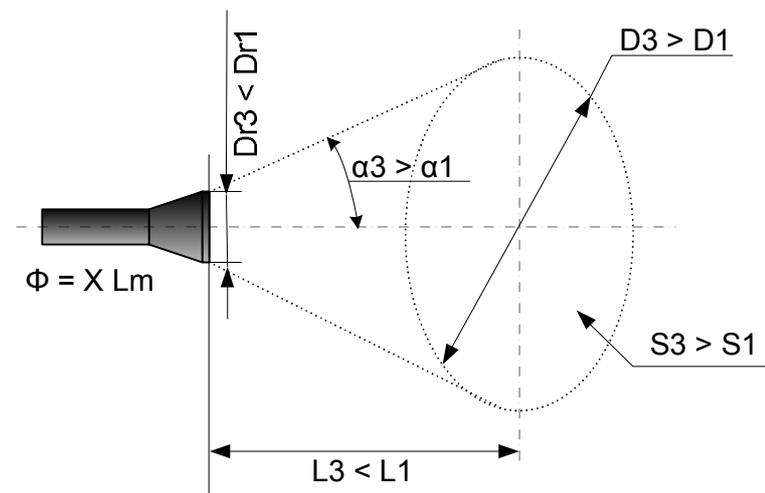


Схема 3. Узкий луч, большой угол рассеивания, низкая интенсивность, широкое пятно на относительно малом расстоянии.

Обычно, говоря о фонарях, понятия ширины и угла смешивают, и говоря «узкий луч», имеют в виду малый угол его рассеивания безотносительно к его ширине (к диаметру рефлектора). Так же, некоторые производители указывают в спецификациях угол от оси рефлектора (то есть, половину угла светового луча, как на приведённых схемах). Но, рассматривая луч, обычно имеют в виду полный угол светового потока (телесного угла), формируемого рефлектором фонаря.

Принято считать, что узкий луч имеет угол рассеивания от 4 до 10 градусов, средний - от 10 до 30 градусов, широкий - более 30 градусов. Идеально параллельного луча быть не может из-за того, что тело свечения лампы не является точкой и физически не может находиться точно в фокусе, плюс неточности изготовления рефлектора, что даёт абберрации (искажения), вызванные различными оптическими эффектами.

Поскольку светотдача лампы является технологически ограниченным параметром, в маломощных фонарях производители вынуждены делать максимально малый угол луча для минимального рассеивания и сам луч как можно более узким (рефлектор небольшого диаметра) для сохранения максимальной интенсивности светового потока. Иначе, луч от источника мощностью всего, скажем, 3 Вт, будет рассеиваться уже на расстоянии 50 см, и мы вообще не увидим светового пятна. Да, в результате такой узкий луч проходит сравнительно далеко, имеет высокую интенсивность, но, из-за своей узости, освещает лишь очень маленькую площадь, и напоминает скорее указку.

Так какой же луч наиболее эффективен? Для ответа на этот вопрос вернёмся к тому, для чего нам, собственно, нужен фонарь.

Подводный фонарь несёт на себе две функции – информативную и коммуникативную. Рассмотрим первую, поскольку именно она является основной, а вторая – лишь вспомогательной. Итак, прежде всего фонарь нам нужен для получения информации об окружающем пространстве посредством зрения в условиях недостаточного освещения или при его полном отсутствии. Выражаясь проще – фонарь должен освещать. Ведь мы ныряем в первую очередь для того, чтобы что-то увидеть. И хотя фонарь является источником света, но на самом деле мы видим отраженный от предметов свет, то есть важной характеристикой является не яркость источника, а освещенность объекта. Это хорошо знает любой фотограф. Абсолютно понятно, что наиболее предпочтительным является освещение максимально возможного пространства с максимально возможной интенсивностью (яркостью) на максимально удалённом расстоянии, за счёт чего мы сможем получить максимальное количество информации. То есть, наилучшим, с точки зрения освещения, будет фонарь с максимально широким лучом, дающим максимальную площадь освещения (пятна), с максимально узким углом, имеющим минимальное рассеивание (дающим это пятно на максимальном расстоянии), и с максимальной светотдачей источника света (лампы) для получения максимальной интенсивности светового потока - вспомним классический прожектор.

Но всё это справедливо только в условиях идеальной видимости, например, на поверхности, в воздухе, при отсутствии тумана. А в воде идеальной видимости, как известно, не бывает никогда. Поэтому то, как фонарь светит на воздухе, и то, как он светит под водой, это, как говорят в Одессе, две большие разницы.

2.2. МУТЬ

Всё дело в том, что под водой вступают в силу два важных фактора, являющихся физической особенностью этой среды - **прозрачность и мутность**. Прозрачность воды – это её способность пропускать свет. Она обусловлена цветом воды, то есть содержанием растворённых в ней различных окрашенных и минеральных веществ. Мутность воды обусловлена содержанием взвешенных в воде нерастворимых (не формирующих действительный раствор) дисперсных примесей различного происхождения (ил, глина, водоросли, микроорганизмы, органика и прочие). Эти два показателя и дают в совокупности качественную характеристику воды, которую мы упрощённо называем «мутность». Мутность - это не прямое измерение количества взвешенных или растворённых частиц в воде, это, скорее, измерение рассеивающего и поглощающего эффекта, который частицы оказывают на проходящий свет. Мутность является недругом дайвера, так как препятствует прохождению света через воду (а именно этим и определяется понятие видимости, которое так важно в дайвинге). То, как это происходит, является сложным явлением. На это влияет цвет раствора, размер, форма, происхождение, а также концентрация частиц. С точки зрения луча поглощение света цветным раствором (молекулярное рассеивание) нас интересует мало, так как здесь абсолютно понятно, что чем интенсивней луч, то тем меньше он будет поглощаться, то есть будет проходить на большее расстояние. Другое дело рассеивание.

2.3. ЗРЕНИЕ

Одним из факторов, обуславливающим рассеивание луча света в воде является его отражение от взвешенных частиц. Поэтому в практических условиях неидеальной (реальной) видимости (силт, взвесь, планктон) широкий луч большой интенсивности становится врагом, так как, чем шире и ярче луч, тем больше света отражается от частиц мути обратно, и, тем самым, слепит, ухудшая восприятие окружающих объектов. Это обусловлено особенностями строения зрения. Когда отражённый яркий свет попадает в глаза, зрачок сужается, и восприятие более

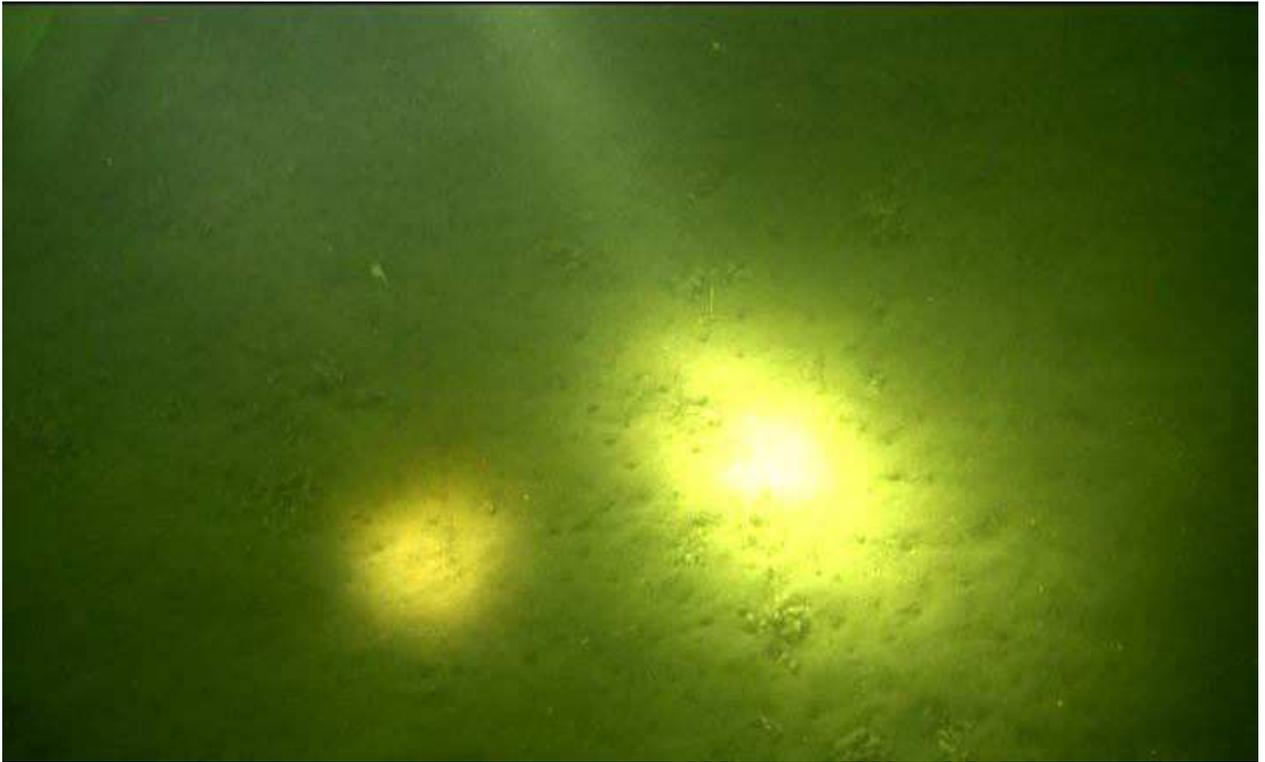
тёмных (слабо освещённых) объектов вокруг становится затруднённым. Человек как бы видит только сам луч (схожий эффект проявляется при использовании мощного прожектора ночью в снегопад). Таким образом, «пробивание» муты – ни что иное, как поиск компромисса между интенсивностью (то есть дальностью) луча и тем, насколько луч такой интенсивности будет слепить, отражаясь. Исходя из этого понятно, что прямое увеличение мощности (светоотдачи) источника света не обязательно ведёт к улучшению освещённости под водой, как если бы это было бы на воздухе. Именно поэтому применение фонаря с мощностью светового потока более 4000 люменов в обычных погружениях практически нецелесообразно (не говоря уже о высоком энергопотреблении такого источника света). Источники большей светимости могут потребоваться лишь для специальных целей (видеосъёмка, подводные работы). Кроме того, выбор светового потока фонаря зависит от условий погружений, в которых он будет применяться. На мой взгляд, оптимальной светимостью для фонаря, применяемого в качестве основного света в условиях водоёмов с посредственной видимостью и тёмной окрашенной водой с высокой поглощающей и рассеивающей способностью (например, Балтийское море, озера средней полосы), является светимость в 1500 – 2000 люменов. Светимость менее 1000 лм подходит для погружений в прозрачной воде, ну а фонари со светимостью менее 500 лм годятся лишь в качестве резервных.

Говоря о мощности светового потока, следует сказать ещё об одной особенности человеческого зрения. Зрение – сложный, мощный и совершенный инструмент восприятия окружающей нас пространства. В то же время назвать его ТОЧНЫМ инструментом восприятия окружающей действительности нельзя. Глаза обладают способностью адаптироваться не только к уровню освещённости, но и к цветовым характеристикам света. А мозг, анализируя поступающие от сетчатки глаза сигналы, принимает во внимание и информацию, поступающую в него и от других органов, и кроме того, обрабатывая полученную информацию, мозг использует накопленный опыт, знания и даже стереотипы восприятия. На практике это выражается в том, что используя под водой фонари разной светимости (и даже с разной световой температурой) очень сложно определить, насколько ярче светит тот или иной фонарь (ну если, конечно, они не отличаются разительно). Обычно именно поэтому восприятие освещённости не находится в прямо пропорциональной зависимости от светимости, и увеличение светового потока фонаря, к примеру, в два раза, воспринимается глазом как прирост освещённости примерно лишь на 30%.

А вот фотоплёнка (или матрица цифровой камеры) не обладает такими избирательными способностями – она не думает, а поэтому передает всё документально, во всяком случае восприятие плёнкой окружающей действительности гораздо более документально-точное, чем позволяет нам получить наше зрение.

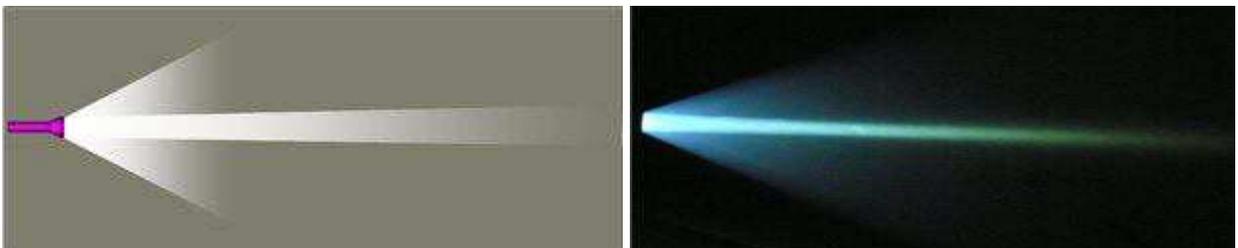
Для иллюстрации приведу скриншоты с видеозаписи одного из наших погружений в условиях пресноводного озера. На снимках хорошо заметно, что разница в интенсивности луча между моим фонарём, с лампой HID мощностью 35 ватт, и фонарём моего напарника, с галогеновой лампой XENONHOT мощностью также 35 ватт, значительна, и составляет примерно 3/1, что соответствует отношению светимостей фонарей (3200 лм против 1050 лм). Но, оценивая эту разницу под водой «на глаз», она не выглядит столь существенной.





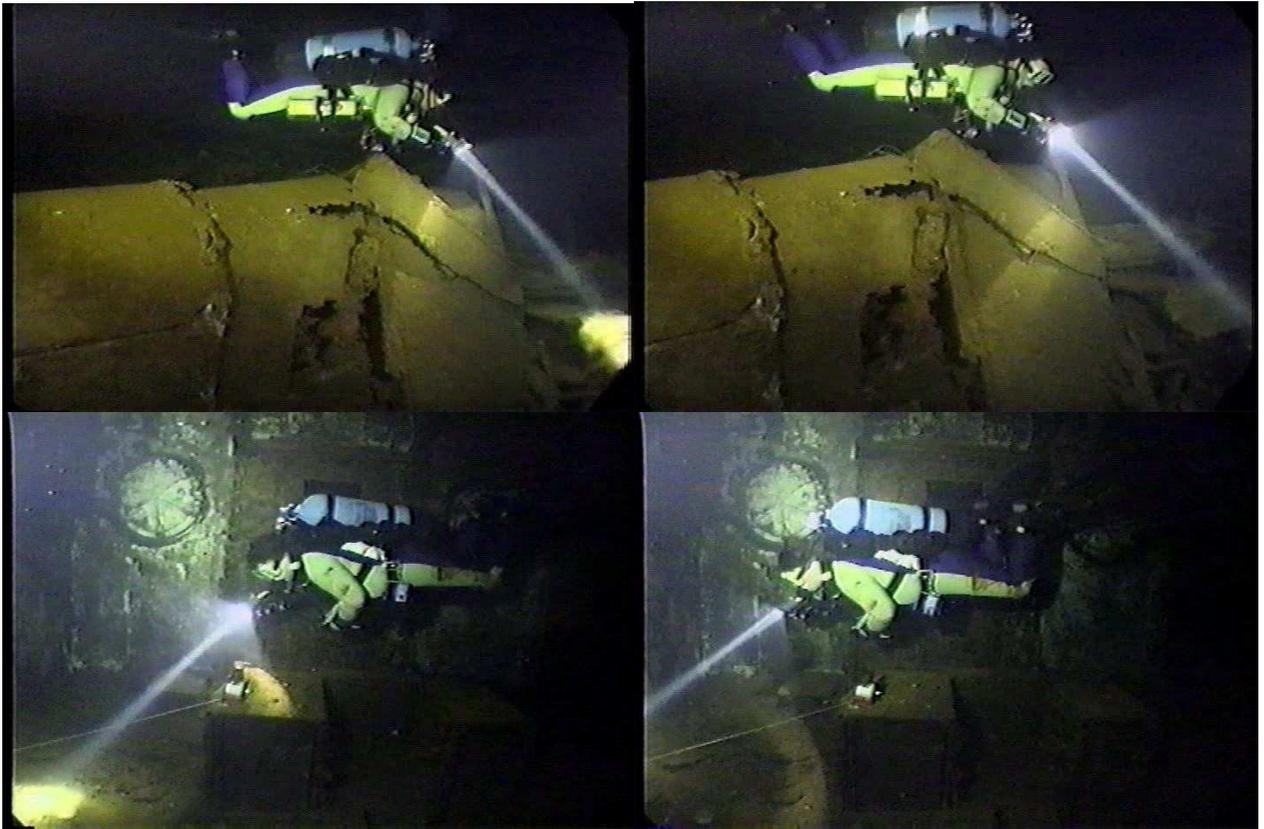
2.4. ЛУЧ. ПРОДОЛЖЕНИЕ

Итак, с одной стороны, для улучшения освещённости необходимо увеличивать мощность светового потока фонаря, но, с другой стороны, при высокой мощности отражённый свет будет сильнее слепить. Как быть? Отчасти решению этой дилеммы способствует сама оптическая система фонаря. Дело в том, что практически очень сложно сделать оптическую систему, которая давала бы идеально сфокусированный луч. Поэтому, большинство фонарных лучей состоят из двух частей (или зон): центрального основного луча, дающего яркую точку (т.н. hot spot), и короны (согопа) – более крупного и менее яркого ореола вокруг основного луча, дающего боковую (фоновую) засветку. Этот ореол формируют прямые лучи, которые исходят непосредственно от лампы и не попадают на отражатель (так называемый разливающийся свет). Ширина ореола зависит от многих факторов (отношения диаметра отражателя к глубине, качества отражающей поверхности и в большой степени от глубины отсекающей бленды). Разливающийся свет полезен для освещения зоны вокруг центрального луча для улучшения периферийного видения. Так как он имеет более низкую интенсивность, то и количество света, отражённого мутью, в нём гораздо меньше, и, следовательно, меньше слепит.



На мой взгляд, именно такой луч (назовём его «раздельным») и будет наиболее оптимальным при использовании фонаря в условиях неидеальной видимости, и особенно в условиях полной темноты (в пещерах или внутри рэков). Узкий центральный луч освещает с максимальной эффективностью удалённые объекты, а мягкая боковая засветка с широким углом увеличивает периферийный обзор, что создаёт более комфортное психологическое состояние, а кроме того, позволяет глазу легче адаптироваться путём более плавного перехода от тёмного к светлomu.

Как это выглядит на практике, видно, например, на скриншотах из американского фильма о погружениях на атолле Bikini, в ходе проникновения внутрь рэка «USS SARATOGA CV3».



Ну а как же вторая, коммуникативная функция фонаря? Ведь фонарь служит нам также и для передачи сигналов. Теоретически для этой цели лучшим вариантом будет ярко выраженный узкий луч. Его отчетливо видно, им легче передавать сигналы, сигналы, передаваемые таким лучом лучше «читаются». Кроме того, узкий луч меньше слепит напарника, так им проще управлять. Именно об этом и говорят пещерники, утверждая, что лучшим выбором является фонарь с узким лучом в 4-6 градусов, без боковой засветки, которую они иногда даже называют «паразитной». Должен заметить, что если вы имеете фонарь с «раздельным» лучом достаточной мощности, а не с «вялым» рассеянным светом, то передача сигналов не является проблемой. Подводные световые сигналы немногочисленны и просты по форме и содержанию (проще говоря, никто не задаёт светом вопрос об оставшемся времени декомпрессии, например), поэтому элементарно передаются ярким центральным лучом, хорошо заметным на фоне короны. А боковая засветка имеет гораздо более низкую интенсивность, чем основной луч, и, поэтому, не так сильно слепит, даже если фонарь направлен в сторону напарника.

ЧАСТЬ 3. ПРАКТИКА

Как я уже говорил, наиболее важной характеристикой фонаря является светимость (мощность светового потока), то есть количество света, которое он может дать. И так как светоотдача лампы является технологически ограниченным параметром, то для получения большего количества света необходимо взять лампу большей мощности. Увеличение мощности лампы, для обеспечения необходимого времени её работы, влечёт за собой увеличение ёмкости аккумуляторов, что, в свою очередь, неизбежно ведёт к увеличению габаритов и массы фонаря. А это затрудняет его использование. Кроме количества света, которое, как я уже сказал, под водой не всегда чем больше, тем лучше, необходимо получить ещё и качественный луч, что достигается применением большего рефлектора. Чем больше рефлектор, тем большее количество света он может собрать и сфокусировать, тем лучше освещённость, и, кроме того, лишь при достаточно большом соотношении размеров рефлектора и тела свечения возможно формирование луча с малым углом рассеивания. Но слишком большой рефлектор увеличивает габариты фонаря, что затрудняет обращение с ним. Поэтому конструкция фонаря – это поиск компромисса между всеми этими характеристиками: световым потоком, временем работы, лучом, габаритами, массой.

3.1. КОМПОНОВКА

На сегодняшний день все подводные фонари по конструктивному исполнению условно можно разделить на три группы: моноблок, моноблок с рукояткой, разнесённая схема. Фонарь в виде цилиндрического моноблока просто держат в руке, направляя свет в нужную сторону. Так как здесь существуют ограничения по габаритам (цилиндр слишком большого диаметра и длины будет неудобным), то в таком исполнении бывают лишь фонари малой мощности. С увеличением мощности растут габариты, и для большего удобства управления к фонарю прикрепляют ручку. Наиболее распространённой конструкцией фонаря такого типа является так называемая «утюговая», когда ручка находится сверху, а также «пистолетная» (ручка снизу).

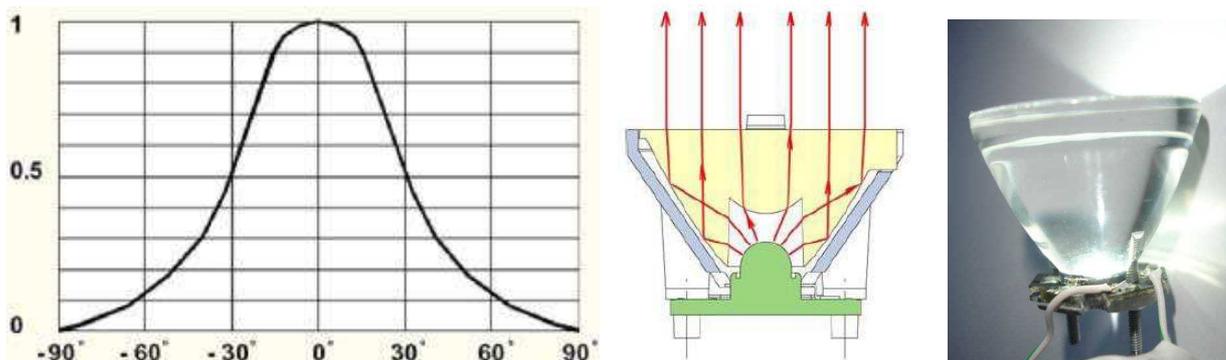


Фонари в виде моноблоков хороши для обычных погружений, где нет необходимости иметь обе руки свободными. Для технически сложных погружений, где предполагается выполнение каких-либо операций с оборудованием (например, с катушкой, или буксировщиком), применение фонарей в виде моноблока становится затруднительным. Для таких целей применяются фонари модульной конструкции, которые выполнены по разнесённой схеме. Лёгкая и компактная световая головка закрепляется на руке дайвера без необходимости постоянного удержания, а питание к ней подаётся по кабелю от аккумуляторов, расположенных в отдельной герметичной канистре (так называемом акутанке), закреплённой на поясе, либо на баллоне дайвера. Кроме удобства управления такая конструкция значительно снижает ограничения на габариты и вес АКБ (не нужно удерживать в руке тяжёлую и громоздкую конструкцию), тем самым, позволяя использовать лампу большей мощности при более продолжительном времени работы. Поэтому, все серьёзные «технические» фонари имеют именно такую компоновку.



3.2. ЛАМПА

Казалось бы, самым главным, и, пожалуй, единственным критерием для выбора лампы должна быть её светоотдача. То есть, необходимо брать лампу с самым высоким КПД. А таковыми, на сегодняшний день, уже являются светодиоды. Но дело в том, что нам куда важнее светимость фонаря, и также луч «правильной» формы, чем КПД лампы. А в случае применения светодиодов как раз с этим и существует ряд технических проблем. Во-первых, из-за узкой диаграммы направленности применение для них традиционного отражателя очень малоэффективно, так как ему практически нечего отражать из-за того, что вся мощь света светодиодов устремляется вперед и в середину, лишь незначительно попав по бокам на отражатель. В этом случае работает только лишь около 30% поверхности рефлектора, и в центре светового пятна имеется провал. Поэтому правильная оптика для диода - это линза-коллиматор, использующая эффект преломления вкупе с эффектом полного отражения, и позволяющая собирать до 90% света от диода.



Коллиматоры часто стали использовать для конструкций подводных фонарей, но из-за их малых размеров (диаметр ~ 25 мм, редко более) и большим углом рассеивания (10-20 и более градусов), они не обладают хорошей эффективностью и в основном используются для малогабаритных бэк-ап фонарей в тандеме с рефлектором, а также в диодных кластерах. Так как отдельно взятый диод имеет ограниченную мощность (обычно 3-5 Вт), то для получения фонаря с достаточной светимостью производителям приходится собирать несколько диодов в так называемый кластер.



Очевидно, что если одну галогеновую или хид лампу можно легко сфокусировать на 6 градусов, то кластер из 3-7 диодов сфокусировать гораздо сложнее. Так как оптические оси у каждого светодиода параллельны, а не сведены в одну точку, то при всей своей общей мощности, кластер рассеивает свет на большую площадь, то есть даёт широкий рассеянный луч.

И хотя, на сегодняшний день, уже существует сверхъяркий светодиод OSTAR, светимость которого составляет 800-1100 люменов, но он представляет собой теплопроводящую плату, на которой смонтирован не один кристалл, а сборка из 6-ти близко расположенных кристаллов. В этом случае применение единого коллиматора невозможно из-за слишком большого для линзы размера всей сборки, а применение отдельных коллиматоров осложнено из-за слишком малого расстояния между кристаллами. Поэтому, такой диод в фонарях используют совместно с отражателем специальной формы. Кроме того, мощные диоды имеют нетиповое повышенное напряжение питания, требуют применения массивного теплоотвода из-за большой теплоотдачи, а

также мощного драйвера, что осложняет изготовление фонаря с узким лучом большой яркости на их базе. И, хотя уже многие фирмы предлагают в качестве основных фонари с использованием светодиодов, на мой взгляд, пока их применение является оптимальным там, где нужен равномерный рассеянный свет, например, в видеоосветителях, а также в маломощных резервных фонарях, где не нужна большая светимость, но нужна длительная автономность. Светодиодный фонарь в качестве основного будет хорошим выбором для выполнения рекреационных дайвов, и особенно в тёплой прозрачной воде.

Для получения «правильного» луча большой мощности пока ещё актуально применение галогеновых ламп, так как они легкодоступны и дешёвы. Но лучшим решением для основного света на сегодняшний день, на мой взгляд, являются HID-лампы. Они имеют высокий КПД, оптимальную световую температуру, достаточную мощность, продолжительный срок службы. Как я уже сказал, от соотношения между размерами рефлектора и тела свечения зависит угол получаемого луча. Но, кроме того, если рассматривать источник света какого-то одного типа, то для получения от него большего количества света в люменах необходимо увеличить размер самого тела свечения. При этом, если размер рефлектора зафиксировать, то получится более широкий луч такой же интенсивности. Поэтому, для увеличения освещённости оптимальнее применение лампы с телом свечения больших габаритов. HID-лампы являются здесь безусловным лидером, так как свечение в них создаёт газ, заполняющий весь объём колбы, в отличие от галогенок, где светится только нить накаливания, или светодиодов, излучающим элементом которых является небольшой кристалл.

3.3. ОТРАЖАТЕЛЬ

Для сбора света, излучаемого галогеновыми или HID-лампами, в направленный луч наиболее эффективен параболический рефлектор. Они различаются размерами, геометрией и формой отражающей поверхности, которая бывает гладкой, волнистой, шершавой или ячеистой, состоящей как бы из множества мелких зеркал (так называемые фасетные (facet) рефлекторы).

Каждый, кто пользовался дешёвыми фонарями замечал, что для большинства из них характерно неравномерное пятно света, с различными рисунками в виде колец, спиралей. Это связано с тем, что нить накаливания очень далека от идеального точечного тела свечения, вокруг неё возникает ореол, плюс несовершенство формы рефлектора, не точное размещение лампы в фокусе параболоида. Для решения этой проблемы и применяют рефлекторы с волнистой или ячеистой поверхностью, которая «сглаживает» луч. Рефлекторы с гладкой поверхностью являются наилучшими для получения узкого сфокусированного луча без боковой засветки, с шершавой – для получения рассеянного света, фасетные наиболее оптимальны для формирования «раздельного» луча.



Несколько слов о фонарях с регулируемым фокусом (adjustable focus). Эту опцию (focusable lighthouse) предлагают некоторые производители подводного освещения, позиционируя такие фонари как многофункциональные, с лучом изменяемой геометрии от очень узкого до широкого (например, от 5 и до 40 градусов). По мнению многих дайверов, это является очень удобным, позволяя иметь в одном фонаре как направленный, так и рассеянный свет и изменять его при необходимости под водой. На мой взгляд, это не совсем так.

Во-первых, конструктивно это выполнено таким образом, что рефлектор просто продольно перемещается вдоль оси лампы, перемещая точку фокуса. Таким образом, два крайних положения – это оптимальный фокус (самый узкий луч) и ОТСУТСТВИЕ фокуса (самый широкий луч). Но в этом случае луч не становится рассеянным, отнюдь. Изменение точки фокуса лишь увеличивает его угол, и световое пятно такого луча приобретает форму кольца (в центре появляется провал). Всё дело в том, что геометрия луча формируется типом и формой рефлектора, а поэтому изменить луч с направленный на рассеянный без замены рефлектора НЕВОЗМОЖНО, это оптический закон. Иллюстрацией этого могут служить скриншоты с видеозаписи реального погружения в Чёрном море на пароход «ЛЕНИН», в ходе которого использовался фонарь SALVO HID. В начале погружения лампа стояла в положении фокуса, а

затем, для ведения видеозаписи на рэке, была переведена в положение широкого луча, и стала отчётливо видна «баранка».



Ну а во-вторых, если фонарь имеет правильный узкий или «раздельный» луч, то в большинстве случаев вообще нет никакой необходимости регулировать фокус под водой, так как такой луч и является оптимальным. Именно поэтому многие дайверы, имеющие фонари с регулируемым фокусом, однажды установив рефлектор в положение узкого луча, так и ныряют, никогда не переводя его в положение «рассеянного» света.

3.4. СВЕТОВАЯ ГОЛОВКА

Конструкция световой головки бывает двух основных типов: пробирочная (test tube style light-head) и классическая (housing with tempered glass). В пробирочной конструкции лампа защищена от воды стеклянной трубкой в виде пробирки (test tube), а в классической лампа вместе с рефлектором закрыта плоским закалённым стеклом.



На мой взгляд, предпочтительнее классический вариант, так как в этом случае проще решаются проблемы герметизации (следовательно, возможна более лёгкая замена лампы и меньше вероятность протечки), возможен более широкий выбор рефлекторов (в случае пробирочной конструкции рефлектор находится в прямом контакте с водой, поэтому должен быть нержавеющей), кроме того, головка со стеклом имеет большую механическую прочность, надёжнее защищая оптическую систему фонаря от ударов.

Ещё одним элементом световой головки является отсекающая бленда, или, как её обычно называют, «воротничок» - бортик, расположенный вокруг внешнего края отражателя. Она служит для отсекания бокового излучения лампы, и чем глубже (или выше) бленда, тем уже ореол (корона) вокруг основного луча. Наличие бленды является весьма желательным, так как в этом случае уменьшается риск ослепления как самого себя, так и своего напарника.

3.5. КАНИСТРА

При использовании фонаря в надголовных средах существует требование к размещению канистры фонаря на поясе справа (под правой рукой). Обусловлено это тем, что в условиях, где фонарь является важным оборудованием жизнеобеспечения и возможно повреждение его элементов вследствие ударов/зацепов о твёрдые предметы, это место является наиболее защищённым для его размещения (так называемое соответствие стандартам DIR). Поэтому, в этом случае, существуют ограничения по размеру и весу акутанка, так как очень большая и тяжёлая батарея будет попросту мешать. В большинстве случаев оптимальным является канистра длиной не более 250 мм и диаметром не более 80 мм. В случае погружений в открытой воде, когда возможно закрепление канистры на баллоне (баллонах), такие ограничения неактуальны. Кроме этого, канистры отличаются по форме и конструкции, и бывают с защёлками и без, а так же с возможностью отсоединения кабеля под водой или на поверхности. Канистра без защёлок более обтекаема, защёлка может послужить причиной зацепа ходового конца в узком пространстве рэка или пещеры, а кроме того, защёлка может сломаться в самый неподходящий момент.



Возможность отсоединения кабеля (E/O cord) в некоторых случаях позволяет использовать акутанк с другой световой головкой (например, большей или меньшей мощности), а также для питания других систем (например, электроподогрева). Если на фонаре установлены герморазъёмы, то такое переключение можно производить прямо под водой. Но в условиях, где наличие освещения является критичным (например, при погружениях в пещеры), желательно иметь осветительную систему, отдельную от остальных, во избежание увеличения количества точек отказа.



3.6. АККУМУЛЯТОРЫ

Выбор аккумулятора для фонаря обусловлен, прежде всего, достаточной его энергоёмкостью для обеспечения необходимого времени работы лампы, вне зависимости от его типа. Но, кроме этого, есть ещё ряд факторов, на которые стоит обратить внимание, исходя из условий эксплуатации фонаря. Несмотря на то, что литий-ионные батареи обладают наилучшими показателями по удельной энергоёмкости, на сегодняшний день считаю более предпочтительным использование в основном фонаре металл-гидридных АКБ. Это обусловлено несколькими причинами. Поскольку NiMH появились в широком применении значительно раньше, эта технология пока лучше обкатана и более надёжна. NiMH элементам не требуются управляющие схемы, что упрощает конструкцию фонаря и выбор зарядного устройства. Так как часто погружения выполняются при низких температурах окружающей среды, важным моментом является устойчивость АКБ этого типа к холоду, в то время, как при использовании Li-Ion элементов при температурах воздуха ниже нуля на больших токах потребления (потребляемыми мощными световыми системами) фактическая ёмкость может снижаться более, чем на половину. Кроме того, при использовании Li-Ion элементов там, где есть вероятность попадания воды (а особенно солёной), существует риск возгорания и даже взрыва (именно поэтому во всех новых моделях фонарей фирмы SALVO отсек акутанка, где расположены батареи, отделён и полностью загерметизирован). Ну, а практически единственный недостаток металлгидридных АКБ – большой, по сравнению с литиевыми, вес и габариты – с лихвой компенсируется более низкой начальной ценой, и, соответственно, стоимостью на цикл.

3.7. ЭЛЕКТРОНИКА

Немаловажным фактором является надёжность фонаря, которая, в свою очередь, обусловлена надёжностью составляющих его элементов. Бытует мнение, что чем больше электронных компонентов содержит устройство, тем менее оно надёжно. Но в современном мире полностью избежать применения электроники невозможно даже в системах жизнеобеспечения. Задумайтесь, ведь мы давно уже доверяем свою жизнь электронным тормозам в автомобилях, автопилотам в самолётах и аппаратам искусственного дыхания в больницах. Вообще, принцип "чем проще - тем лучше" более приложим к механизмам, нежели к электронике, всё прогрессивное развитие которой в целом идет по пути усложнения ее устройств и алгоритмов работы. Это, как правило, способствует ПОВЫШЕНИЮ её надёжности при условии точного соблюдения технологии изготовления. Иными словами, чем сложнее становится электронное устройство в процессе эволюции/модернизации, тем оно надёжней, как

ни парадоксально это звучит. Рассмотрим это, в качестве примера, применительно к пусковым блокам розжига (балластам) ксеноновых ламп:

Первое поколение ксенона было связано в первую очередь с отладкой технологии как таковой — процент брака в первом поколении комплектов ксеноновых ламп доходил до 30%, что было связано со сложной схематикой и огромным пусковым током. Второе поколение блоков розжига ксеноновых ламп снизило количество брака, но по-прежнему не имело запаса надёжности. Основная проблема заключалась в отсутствии обратной связи с лампой и маленьким разбросом напряжения, поддерживающего горение. Из-за небольшого изменения напряжения ксеноновая лампа затухала, и для ее розжига приходилось выключать и заново включать систему розжига. Третье поколение пусковых блоков для ксеноновых ламп уменьшило процент брака до 7%. Также появилась обратная связь с лампой для поддержки стабильности горения. Пусковой блок мог идентифицировать затухание лампы и своевременно подать импульс для розжига. Но оставалась проблема высокого пускового тока, приводящего к выгоранию ламп. Блоки розжига ксеноновых ламп четвертого поколения разрешили большинство проблем. Количество брака уменьшилось до 3%. В блоках четвертого поколения конструктивно были разделены функциональные блоки отвечающие за розжиг и поддержание горения. Формирователь высоковольтных импульсов вынесен в виде отдельного модуля отдельно от блока управления, контролирующего процесс горения лампы. Для четвертого поколения пусковых блоков розжига ксеноновых ламп характерен более низкий порог питающих напряжений и пускового тока, что обеспечивает более стабильный и быстрый розжиг ламп. Пятое поколение ксенона стало последним витком эволюции блоков розжига. Процент брака сократился до 1%. Схема с разнесенными высоковольтным и управляющим низковольтным блоком стала интеллектуальной на базе вычислительного процессора. Использование новой HID технологии позволило повысить эффективность управления лампой. Множество комплектующих заменено одним процессором. Защищенные алгоритмы, позволяют задать системе высокую степень интеллектуальности и гибкости. Управляющие блоки пятого поколения прогнозируют состояние лампы и поддерживают процесс горения непрерывно с учетом ее уникальных характеристик и особенностей внешней среды. При этом поддерживается оптимальный режим подачи напряжения, не расходуется лишней энергии и таким образом продлевается срок службы лампы. Таким образом, достигнута высокая степень взаимодействия лампы и блока, гарантирующая практически стопроцентную надежность. А за счет сокращения числа элементов сократились и размеры самого блока розжига, что делает удобным их применение в портативных системах освещения. Срок службы современных балластов превышает 10 000 часов.

3.8. НЮАНСЫ

Кроме основных, существует ещё масса более мелких, но не менее важных деталей, влияющих на эксплуатационные свойства фонаря. К ним относится размещение и тип выключателя, длина соединительного кабеля, конструкция крепления канистры и световой головки, материал корпуса, сбалансированность фонаря, тип зарядного устройства и прочие. Всё это сильно влияет на эргономику фонаря и определяет удобство (или неудобство) его использования.

В фонарях применяют несколько типов выключателей, наиболее распространёнными из которых являются ползунковые, поворотные, кнопочные и тумблерные. У каждого из них есть свои достоинства и недостатки, но наиболее важным критерием при выборе выключателя со стороны пользователя является удобство его использования. К примеру, если необходимо частое включение/выключение, то удобнее выключатель, расположенный на световой головке. Обычно, выключатель имеет фиксатор, который служит для предотвращения самопроизвольного включения фонаря. У фонарей с выключателем типа тумблер на канистре для этого он часто делается утопленным в корпус или помещается между защитными пластинами. При использовании толстых перчаток включение фонаря с таким выключателем может быть достаточно затруднительным. Поэтому, я отдаю предпочтение фонарям с поворотным выключателем. Кроме того, поворотные выключатели имеют более надёжную систему герметизации (O-ринги против резинового колпачка).



Фонари, выполненные по разнесённой схеме, могут иметь кабель различного типа и длины. В большинстве случаев, для дайвера среднего роста, оптимальной является длина кабеля около 1 м. Более короткий кабель не позволит свободно оперировать световой головкой обеими руками, слишком длинный будет путаться в оборудовании и мешать. Кабель должен иметь необходимую механическую прочность как внешней изоляции, так и внутренних проводов (жил), а также специальные кабельные вводы в канистру и головку, иначе он будет повреждаться в течение уже непродолжительного времени эксплуатации фонаря.

Для крепления световой головки на руке применяют рукоятки различных конструкций, наиболее эргономичными из которых являются рукоятки типа goodman handle, которые бывают «мягкими» и «жесткими». Жёсткая рукоятка позволяет более точно направлять свет, головку с ней проще снимать и перекладывать из одной руки в другую, зато мягкая оставляет пальцы руки свободными для выполнения других операций с оборудованием. Большинство таких рукояток имеют возможность регулировки под размер руки/перчатки. Выбор типа рукоятки зависит от личных предпочтений. Кому-то удобнее использовать жёсткую, другим – мягкую.



Как известно, технике свойственно ломаться. При интенсивной эксплуатации требования к прочности и ремонтпригодности многократно возрастают, именно поэтому и существует деление, например, инструментов, на бытовые и профессиональные. Этот принцип применим и к фонарям. То есть - не бывает неломаящихся фонарей, бывают неняряющие дайверы. Но, тем не менее, также имеют значение материалы, из которых изготовлен корпус. Металлический корпус, по определению, прочнее пластикового, он способен выдерживать большие механические нагрузки, которые неизбежно появляются в процессе эксплуатации фонаря. Определённой

прочностью должно обладать и стекло, защищающее лампу. Это не актуально, если фонарь вам нужен для погружений до 20 м, но когда речь заходит о глубинах за 100 (а тем более за 150 м), тут уже необходимо серьёзно задуматься, а выдержит ли такое давление ваш фонарь? (известно множество случаев продавливания фонарей на глубинах, гораздо меньше заявленных производителями). Кроме того, в случае применения неправильных материалов (или неправильной их конструкционной комбинации) многократно возрастает вероятность затекания фонаря (например, многие пластики меняют свои геометрические размеры при перепадах внешней температуры или давления).

Немаловажным свойством фонаря является также его сбалансированность под водой, то есть его плавучесть и распределение центров тяжести. Если для канистры большая отрицательная плавучесть не критична (можно просто убрать лишний свинец из грузовой системы), то тяжёлая световая головка будет крайне обременительна при длительных погружениях. Пару часов с лампой на руке всегда дают о себе знать, поэтому оптимальной является слегка отрицательная, но близкая к нулевой плавучесть световой головки.

Несколько слов о зарядных устройствах (ЗУ). Наиболее оптимальными являются автоматические ЗУ, работающие от напряжений в диапазоне 110-220 вольт (что актуально в поездках), позволяющие производить полный цикл разряд/заряд. Как я уже говорил, практически все АКБ подвержены эффекту памяти в той или иной степени, поэтому для более длительного и бесперебойного срока эксплуатации лучше всегда полностью разрядить аккумуляторы перед зарядкой. Кроме того, желательным является наличие индикаторов заряда/разряда на ЗУ для возможности контроля состояния АКБ. Немаловажным является и время полного заряда вашего фонаря данным ЗУ (например, если полная зарядка осуществляется за 12 или более часов, то это не всегда удобно).

Итак, при выборе фонаря нужно, исходя из задач и условий его применения, найти для себя компромисс между всеми характеристиками (светимость, время работы, эргономичность, надёжность, прочность, ремонтпригодность, общая стоимость владения и другими), и выбрать оптимальный для себя вариант. Оптимальным будет являться фонарь, в котором все элементы должным образом сбалансированы.

3.9. МОЙ ВЫБОР

В настоящий момент я использую фонарь, выполненный по разнесённой схеме на базе комплекта HID с лампой мощностью 35 ватт, светимостью 3200 люменов и температурой 5000 кельвинов. Питание осуществляется от никельметаллгидридных аккумуляторов фирмы SANYO, общей ёмкостью 8 ампер-часов, что делает возможным его применение в условиях низких температур и обеспечивает стабильное время работы, равное 2 часам. Фонарь имеет компактные размеры как световой головки (одна из самых компактных на рынке), так и акутанка, что облегчает обращение с ним, при этом в нём применён фацетный рефлектор диаметром 70 мм, что позволяет сформировать достаточно широкий луч с малым (10 гр) углом рассеивания, обеспечивая оптимальное освещение объектов в любых, даже самых неблагоприятных, условиях. Кроме критериев обеспечения лучшего освещения, при приобретении фонаря во внимание принимались и другие факторы. Фонарь имеет высокую механическую прочность (корпус выполнен из анодированного алюминия и композита, аналогичного делрину), в нём установлены электронные блоки (балласт и стартер) 5-го поколения, отличающиеся особой надёжностью, нечувствительные к шорт-стрейкам и имеющие защиту от глубокого разряда аккумуляторов (фонарь просто отключается при падении напряжения АКБ ниже 9 вольт). Фонарь очень сбалансирован и эргономичен. На нём установлена рукоятка моей собственной конструкции (представляет, по сути, модернизированный goodman handle), которая позволяет оптимально закреплять световую головку на любой руке, обеспечивая манёвренность при отсутствии необходимости удерживать рукоятку, и оставляя при этом руки свободными для совершения других действий (так называемый hands free режим).



Фонарь изготовлен в Литве под торговой маркой Deer Eye. Уже при приобретении первого серьёзного фонаря в далёком 2003 году я отдал предпочтение канистровому фонарю этого производителя. И если тогда мой выбор мог быть обусловлен недостаточными знаниями и опытом в области подводного света, отсутствием широкого выбора фонарей других производителей на местном рынке, наконец, ограниченными финансовыми возможностями, то сегодня он обусловлен только одним – этот фонарь наиболее полно отвечает всем моим требованиям. Все компоненты (кабель, выключатель, стекло и пр.) проверены опытом эксплуатации предыдущих моделей, конструкция также подтвердила свою надёжность как в гидростатических тестах, так и в реальных погружениях (я неоднократно нырял с фонарями Deer Eye на глубины до 120 м, и лично знаком с человеком, нырявшим с фонарём этой марки на 160 м). Кроме того, немаловажным фактором для меня является географическая близость технической поддержки, которая всегда в случае необходимости выполняла (и выполняет) гарантийные и послегарантийные обязательства по ремонту и обслуживанию фонарей, что очень удобно (нет необходимости ждать, пока через полтора месяца из Америки привезут случайно разбитую колбу). Стоит также отметить, что фонари марки Deer Eye имеют вполне конкурентоспособные цены.

ЧАСТЬ 4. БУДУЩЕЕ

Не надо быть большим специалистом, чтобы сказать, каким должен быть ИДЕАЛЬНЫЙ подводный фонарь. Лёгкий, удобный, с мощным световым потоком, долгим временем автономной работы и малым временем зарядки, надёжный, не требующий особого ухода и доступный по цене. Иными словами, фонаря моей мечты пока не существует :) Сегодня, конечно, невозможно утверждать, какими будут фонари лет через сто, но вполне возможно предположить, какими они будут в обозримом будущем.

В качестве источников света, безусловно, будут использоваться светодиоды. Потенциально, световая эффективность белых светодиодов может возрасти к 2028 году до 200-210 лм/Вт, что в 3 раза превышает данные для самых эффективных из существующих на сегодняшний день люминесцентных ламп. То есть, можно будет иметь лампу мощностью 20 Вт со светоотдачей в 4000 люменов! Без сомнения, в ближайшее время будут решены проблемы и с теплоотдачей, и с фокусировкой LED.

Что касается автономных источников питания, то будущее за батареями на основе ионов лития. Сейчас это самая прогрессивная и быстро развивающаяся технология. Производители непрерывно совершенствуют эти аккумуляторы, идет постоянный поиск и улучшение материалов электродов и состава электролита. Параллельно предпринимаются усилия для повышения безопасности литий-ионных аккумуляторов как на уровне источников тока, так и на уровне управляющих электрических схем. Совершенствование технологии производства и замена, например, применяемого в этих аккумуляторах оксида кобальта на менее дорогой материал могут привести к уменьшению стоимости на 50% в самом ближайшем будущем. Из перспективных вариантов на сегодняшний день уже существует аккумулятор на базе железа и фосфора (LiFePO₄), который создан на основе нанотехнологий и лишён всех недостатков литиевых батарей. Его ёмкость равна литий-марганцевому аккумулятору, он имеет более мощную токоотдачу, заряжается за 15 минут, при этом у него отсутствуют проблемы с термической нестабильностью. Ему не нужны схемы защиты, так как ни перезарядка, ни полная разрядка не могут ему повредить, он даже не теряет при этом в ёмкости. На практике возможны 2000 циклов заряд/разряд, а это около 10 лет службы. Пока это лишь разработка, и стоимость такого аккумулятора достаточно высока. Продолжается развитие и других литий-ионных технологий, которые обещают большую безопасность, быструю зарядку, высокую эффективность при низкой температуре и улучшение других характеристик. Например, уже появилась АКБ следующего поколения в форме литий-титанового аккумулятора. Он должен превзойти железо-фосфорный по всем параметрам – прогнозируют ещё большую ёмкость, срок службы (5000 циклов заряд/разряд) и время заряда до 90% ёмкости – всего 5 минут.

Фантастика? Ну, многое из того, что ещё несколько лет назад казалось невероятным, сегодня уже получило широкое применение. Технический прогресс идёт вперёд семимильными шагами. Так что, поживём – увидим...

Mr.Frog, 2009