

Морские медленные волны – не то, что рельсы в два ряда...

Ветровое волнение

Согласно определению, установленному ГОСТом, ветровые волны представляют собой колебательное движение частиц воды, выражающееся в периодическом отклонении формы водной поверхности от равновесного положения, которое она занимает при отсутствии волнения, и являются вынужденными волнами, так как возникают под воздействием вызвавшего их ветра.

Для судовождения на реках и в прибрежных районах моря наибольшее значение имеют ветровые волны.

Их можно разделить на три типа: волны, находящиеся под непосредственным воздействием ветра, волны зыби, существующие после прекращения ветра или выхода волн из зоны действия ветра, и смешанное волнение, когда ветровые волны накладываются на волны зыби. Развитие ветровых волн начинается с образования ряби, затем, по мере усиления ветра, она переходит в волны все возрастающих размеров. Под воздействием ветра они приобретают все большую энергию, высоту и длину. Высота волн от ветра, дующего в одном направлении, в глубоководных районах растет примерно в течение пяти часов, а затем остается постоянной; длина же волн продолжает увеличиваться. Но и этот рост не бесконечен. Даже при ветре силой 12 баллов волны достигают предельных размеров примерно через двое суток, и более усиления волнения не происхо-

Продолжаем разговор о природных морских, речных и озерных волнах.



Рис. 1. Установленный на стационарной платформе волнограф зафиксировал прохождение «аномальной» волны. На волнограмме видно, что ее высота от подошвы до вершины в три раза превосходит высоты всех соседних волн в данном районе.

дит. С момента, когда волны достигли максимальных для данной скорости ветра размеров, волнение считается полностью сформированным.

При усилении ветра до 7–8 м/с на вершинах волн начинают образовываться барашки и появляется белая пена, гребни волн опрокидываются и срываются, при дальнейшем усилении ветра образуются пенные полосы. Пена — это крохотные (менее 0.5 мм) пузырьки воздуха, разделенные пленкой воды. В чистой пресной воде эти пузырьки, сближаясь, сливаются. Соленая вода имеет несколько большую вязкость, и поэтому в ней пузырьки сохраняются дольше.

Высота и длина волн зависят от скорости ветра, продолжительности его действия, от «разгона волн», т. е. расстояния от подветренного берега в направлении ветра до точки наблюде-

ния, конфигурации береговой черты, глубины моря и рельефа дна. Наибольших размеров волны могут достичь только в том случае, если размеры водного бассейна достаточно велики. Но на мелководье волны быстрее вырастают до максимальных размеров, чем в глубоководных районах, однако и быстрее затухают после прекращения ветра. Например, на мелководном Азовском море при скорости ветра 20 м/с волны достигают максимальных размеров примерно в течение часа. На большом открытом пространстве слабый ветер, дующий длительное время, может вызвать волнение более значительное, чем сильный кратковременный ветер на закрытом водоеме.

Ветровое волнение возникает под воздействием постоянно изменяющихся по силе и направлению турбулентных воздушных потоков, а также



процессов, развивающихся в толще воды — течений, ранее сложившихся волновых систем и т.д. В результате возникает неупорядоченное волнение, при котором абсолютно нельзя заранее вычислить параметры отдельной волны, и описать волнение возможно лишь на основе статистических закономерностей, которые численно выражаются зависимостями между элементами волн и определяющими их факторами. В некоторых случаях ветровые волны движутся группами, «пакетами», но даже это не позволяет предсказать размеры подходящих волн и определить, какой из валов тот самый роковой «девятый»...

Говоря об определении параметров волны, необходимо отметить трудность визуальной оценки ее высоты. При наблюдении с малого судна, согласно Наставлению гидрометеостанциям и постам, наблюдателю рекомендуется расположиться по возможности на такой высоте, с которой, находясь в ложбине между волнами, он видит гребни на одной линии с горизонтом. В этом случае высота волны будет равна высоте глаза наблюдателя над водой. Таким образом, более-менее точно определяется волнение, соизмеримое с высотой малого судна, т.е. до 4–5 м. Параметры более сильного волнения обычно завышаются, что вполне понятно и объясняется не только тем, что у страха глаза велики. Попробуйте определить высоту холма, стоя у его подножья — чем больше его высота, тем больше будет ошибка. А если холм растет и надвигается на вас?...

Сегодня новые возможности непосредственного измерения реальной высоты волн подталкивают исследователей к предположению, что волны экстремально высокие для данной акватории возникают чаще, чем счи-

талось раньше, но и реальная средняя высота штормовых волн при этом несколько меньше вычисленной. В Атлантике летом наиболее вероятна высота волны 3–5 м, зимой — 5–8 м. Штормовые волны, развивающиеся в южных широтах при северо-западных ветрах, могут иметь длину до 150 м и высоту 7–8 м. До недавнего времени считалось, что волны высотой 30 и более и длиной 400 м возможны, но не более одной в 10 тыс. лет, однако инструментальные измерения фиксируют такие волны в мировом океане значительно чаще. Наиболее благоприятные условия для образования огромных ветровых волн создаются в субантарктических водах, называемых Южным океаном — там, где Мировой океан охватывает Землю кольцом.

В закрытых морях, озерах и водохранилищах волны, естественно, уступают по размерам океанским. Наблюдения показывают, что для открытой части Онежского озера, например, обычны ветровые волны высотой около 2.5 м. Максимальная высота волн, отмеченная при скорости ветра 12–13 м/с, в октябре и ноябре 1964 г. достигала 4.3–4.7 м. Наиболее сильное волнение развивается осенью, в период штормовых ветров.

При выходе волны на мелководье начинает развиваться обрушение волны. Максимальная высота волн на мелководье не может быть больше 0.8 глубины моря, но зато они отличаются большей крутизной. Крутизна — это отношение длины волны к ее высоте, т.е. метровая волна длиной 20 м имеет крутизну $1/20$, или, в процентах, $(1/20) \times 100\% = 5\%$. Независимо от высоты волны — будет ли она 0.5 или 5 м — максимально возможная крутизна равна $1/7$, или 14%, (максимум наклona до 12°); но на глубокой воде и

при отсутствии течений волны с такой крутизной никогда не встречаются. Типичная крутизна морских волн составляет 0,07–0,1%.

Отмечается зависимость характера волнения от солености воды, а точнее, ее плотности. Ветровое волнение легче возникает в пресноводных водоемах, чем на равных им по площади морских акваториях, например, в морских заливах или бухтах. Два фактора — пресная вода и влияние малых глубин — создают на поверхности озера хаотическое нагромождение крутых волн, изнуряющее иногда более, чем вызванный ветром такой же силы шторм на море.

Когда скорость ветра начинает снижаться, или волна выходит из района, где дует сильный ветер, ветровое волнение переходит в зыбь — волнение, распространяющееся по инерции в виде свободных волн, лишенных острых гребней и имеющих более правильную форму и большую длину, чем ветровые волны. Волны зыби бегут длинными параллельными рядами. Направление и высота волн зыби в глубоководных районах может сохраняться после исчезновения побудившего ее ветра довольно долго. Волны, которые разогнал шторм в южной Атлантике, иногда проходят тысячи миль, пересекают экватор и в виде зыби достигают европейских берегов. Зыбь может производить обманчивое впечатление плавности и спокойствия, но на самом деле эти волны несут огромную энергию, обнаруживающуюся прибоем и накатом на мелководье. Обычно при ветровом волнении средняя скорость волн меньше средней скорости ветра, но скорость зыби часто существенно превышает скорость местного ветра. Зыбь на водохранилищах и озерах исчезает быстро.



Волнение, распространяющееся при полном штиле, называется мертвой зыбью. Часто мертвая зыбь бывает признаком надвигающегося шторма или проходящего стороной сильного ветра.

Волны-убийцы

3 марта 2010 г. новостные каналы сообщили о происшествии с круизным лайнером «Louis Majesty» (длиной 207 м и водоизмещением более 40 000 т), случившемся во время шторма вблизи побережья Испании, в Лионском заливе Средиземного моря. От удара огромной волны пострадали носовые общественные помещения на пятой палубе и люди, которые в них находились. Два человека погибли.

Вероятнее всего, «Его Величество Людовик» («Louis Majesty») столкнулся с так называемой аномальной волной. О возникновении таких волн, в несколько раз превосходящих по высоте все остальные волны в данном районе при данных условиях, сообщали мореплаватели во все времена. Моряки разных стран наделяли это явление названиями, не только передававшими впечатления от встречи, но и отражавшими его опасный и непредсказуемый характер: «freak-wave» — волна-придурок, волна-причуда, «rogue wave» — волна-разбойник (англ.); «onde scelerate» — волна-злодейка, «galejade» — дурная шутка (франц.); «волна-убийца» — во всех языках. Моряки парусников, огибавших южные оконечности Африки и Южной Америки — мыс Игольный, мыс До-

брой Надежды и мыс Горн — с ужасом рассказывали об огромных, выше мачт, волнах. Их назвали «кейпроллерами» (от английских слов «sare» — мыс и «roller» — вал, т. е. валы у мыса). Кейпроллеры возникают не только в этих водах, но и в районах Ньюфаундлендской банки, у Бермудских островов, на окраинах норвежского шельфа и даже в Средиземном море, о чем свидетельствует происшествие с «Louis Majesty». Но это название суперволны напоминает, что именно у южных оконечностей материков, в зоне самых свирепых штормов и ветров, встречи с ней наиболее вероятны.

Что отличает аномальную волну от других волн? Волны-убийцы часто определяются как волны, высота которых более чем в два раза превышает значимую высоту волнения (значимая высота — средняя высота одной трети самых высоких волн, см. рис. 1). В сообщениях об аномальных волнах обычно отмечается также их необычная крутизна — надвигающаяся стена воды покрыта пеной и обрушивается вдоль всего склона. Нужно отметить, что наряду с необычно высокими волнами встречаются и волны с очень глубокой подошвой, волны — впадины, «ямы в море», опасность которых возрастает из-за трудности их своевременного обнаружения. А сочетание крутого склона волны и глубокой ложбины перед ней и превращают ее в волну-убийцу. Различают рассеивающиеся и нерассеивающиеся аномальные волны. Период жизни тех и других, к счастью, непродолжителен, но нерассеивающиеся существуют дольше и могут проделать по морю довольно долгий путь — до 10 миль. Рассеивающиеся же, появляясь буквально из ниоткуда, обрушиваются и исчезают.

Аномально большие волны не следует путать с цунами: цунами возникают в результате подводных сейсмических явлений, и высота их ста-

новится значительной лишь вблизи берега, тогда как волны-убийцы могут возникать совершенно неожиданно, практически на любом участке моря, не только во время шторма, но и при относительно слабых ветрах и небольшом волнении. Цунами становится опасной только когда она выходит на прибрежную отмель и обрушивается на берег, разрушая береговые сооружения и угрожая находящимся близко к побережью судам. А волна-убийца может внезапно и непредсказуемо высвиться над чередой «обычных» волн посреди океана и нанести повреждения супертанкеру или огромному лайнеру. Фронт цунами может растянуться в океане на тысячи километров, и волна, вызванная сильным подземным толчком, может обогнуть земной шар. Форма же аномальной волны может приближаться к пирамидальной, она короткопериодная и не способна вызвать затопления на берегу.

Существование аномально больших волн до недавнего времени подвергали сомнениям, подозревая очевидцев в излишней впечатлительности. По расчетам океанологов и математиков получалось, во-первых, что таких высоких волн не должно быть вообще, а во-вторых, что если они и могут возникать, то никак не чаще одного раза в 10 тысяч лет. Однако развитие инструментальных методов измерений, появление в океане стационарных платформ, оборудованных средствами регистрации высоты волн, и, наконец, применение спутников, способных измерять высоту волн с точностью до сантиметров на больших акваториях, привели к однозначным выводам. За три недели наблюдений по проекту «MaxWave» спутниками ERS-1 и ERS-2 в Атлантике зарегистрированы более десятка волн до 30 м высотой среди соседних 10-метровых. Оказывается, очень часто где-нибудь в Мировом океане образуется хотя бы одна такая волна, и волны такие, в целом, обычны.

Как же зарождаются эти гиганты? До недавнего времени считалось, что они образуются в результате вполне понятных линейных процессов, при которых малые волны объединяются в одну большую, усиливающуюся в результате взаимодействия сильных ве-



IGC composites & marine equipment
НГК
 www.igco.ru

Полиэфирные смолы, гелькоуты, топкоуты, стекломаты, ровинг производства «SCOTT BADER» (Англия)
 Продукция сертифицирована «Lloyd's Register»

МОСКВА: (495) 926-60-06
 САНКТ-ПЕТЕРБУРГ: (812) 438-56-30
 НОВОСИБИРСК: (383) 334-02-33
 САМАРА: (846) 997-72-06

info@igco.ru
 igc-spb@inbox.ru
 ngk-nsk@hotmail.ru
 ngk-samara@mail.ru

тров и мощного встречного течения. Таковы условия на «стыке» Атлантического и Индийского океанов — у мыса Доброй Надежды. Здесь встретившиеся волны начинают громоздиться одна на другую, их высоты складываются, порождая громадные валы-кейпроллеры. Высота волны возрастает, когда она начинает «чувствовать дно», выходя на малые относительно ее длины глубины. Возникновению аномальной волны также способствуют ветер, дующий в одном направлении более 12 ч подряд, существование области пониженного давления и совпадение скоростей перемещения волн и области пониженного давления и, повторимся, движение волн против сильного течения.

Таким образом, мы располагаем некоторыми эмпирическими данными о возможности возникновения аномальных волн. Однако следует признать, что природа возникновения этих волн изучена не достаточно. Они могут зарождаться и при относительно слабом волнении, и при отсутствии течения, в районах с любыми глубинами. Сегодня исследователи предполагают, что это явление связано с особенностями динамики самих морских волн и их трансформации при распространении в океане. При этом происходит обмен энергией между волнами в условиях нелинейного взаимодействия, что приводит к росту амплитуды волны — гораздо большему, чем при обычном линейном сложении высот волн.

Для плавающих в российских водах, даже в омывающих ее морях, волны высотой в десятки метров, безусловно, экзотика. Тем не менее напомним, что, например, максимальная измеренная высота волны в Черном море, зафиксированная на океанографической платформе в Кацивели — 11,2 м, а теоретически возможна волна высотой более 20 м. Вообще же, как пишет океанолог Л. Дрейпер, следует «помнить, что законы образования волн едины для любых высот и периодов. Поэтому капитан маленькой яхты или катера, путешествующий ради удовольствия в прибрежных или внутренних водах, должен быть так же готов к неожиданному, как капитан гоночной

океанской яхты в открытом море или капитан лайнера во время шторма». И для яхтсмена или шкипера небольшой мотолодки 5-метровая волна там, где



ранее наибольшая высота из виденных им волн была 2,5–3 м — несомненно, тоже «волна-убийца».

Цунами

Катастрофические последствия подводных землетрясений, произошедших в последние годы, особенно случившиеся в Чили в 2010 г. и в Индийском океане в декабре 2004 г., превратили волну цунами из детской страшилки, каковой она была для большей части человечества, в реальную угрозу. «Высокая волна, входящая в гавань» — так переводится с японского слово «цунами» — в 99% случаев порождается резким вертикальным смещением участка дна в местах тектонических разломов. Максимальная амплитуда волн цунами возникает, если очаг землетрясения расположен относительно неглубоко под дном моря или океана, и цунами не бывает, если эпицентр землетрясения находится глубже 80 км под твердью морского дна. Вероятность и энергия волны зависит также от силы землетрясения, т. е. его магнитуды, протяженности очага землетрясения и глубины океана или моря в районе землетрясения — чем больше глубина океана, тем выше скорость волн, которая примерно пропорциональна квадратному корню из значения глубины.

26 декабря 2004 г. вблизи северной оконечности острова Суматра, на глубине около 30 км, случилось самое крупное в истории Индийского океана подводное землетрясение. Магнитуда первого толчка, за которым последо-

вало еще несколько десятков постепенно затухающих ударов, равнялась 9 баллам по шкале Рихтера. Резкое, почти мгновенное, смещение океанской плиты, всего на 6–10 м по вертикали и на протяжении 1300 км по горизонтали вдоль побережья острова Суматра привело к образованию волны, уже через 15 минут затопившей северную оконечность острова и в течение суток обогнувшей Земной шар, причинив огромные разрушения и убив три сотни тысяч человек на затопленных берегах.

Сейсмическая волна возбуждается одновременным смещением всей толщи воды от дна до поверхности. Это отличает ее от поверхностных волн — например, ветровой волны — и объясняет некоторые характерные особенности цунами. Она обладает огромной энергией и в открытом океане, в глубоководных районах, распространяется со скоростью реактивного самолета — до 900 км/ч. Эти волны имеют очень большую длину: расстояние между двумя вершинами достигает 100–150 км. Период таких волн составляет от 2 до 40 минут. А вот высота у них в открытом океане небольшая, всего несколько метров, да и то редко. Измеренная спутником высота волны в Индийском океане в 2004 г. не превышала 80 см. При приближении к берегу уменьшается как скорость движения волны, так и ее длина. Например, при глубинах около 1 км скорость волны составляет 350–360 км/ч, при глубине 50 м — менее 100 км/ч. Но одновременно растет ее высота. Та же 80-сантиметровая в открытом океане цунами 2004 г. в некоторых местах накатилась на берег 30-метровой волной.

Цунами обладают огромной разрушительной силой. Штормовые волны равной высоты в прибрежной полосе производят куда меньше разрушений, нежели цунами. Дело в том, что штормовые волны имеют существенно меньшую длину и скорость по сравнению с цунами; кроме того, они наносят по берегу разрозненные удары, каждый из которых приходится на маленький участок береговой линии. Цунами же подходит к берегу фронтом протяженностью в десятки кило-

метров и более, в результате на берег сразу обрушиваются огромные массы воды. Кроме того, в отличие от ветровой волны, цунами часто подходит к берегу в виде очень длинной, с крутым, деформированным и обрушенным передним склоном волны. А накат такой волны может быть значительно более сильным, чем у более короткой ветровой волны с симметричным профилем. И, наконец, когда потоки глубоко проникшей на сушу воды начинают скатываться в море, увлекая мощным течением все и всех, прибрежная полоса получает от цунами последний, завершающий удар.

В некоторых случаях наступлению сейсмической волны предшествует

необычный отток воды, когда море отступает от берега, обнажая дно. В сейсмоопасных районах это должно восприниматься как сигнал тревоги, по которому здравомыслящий человек должен понять, что его дальнейшая жизнь будет зависеть только от скорости его передвижения в глубь суши.

Сравнивая цунами с ветровой волной, отметим, что встреча в открытом море с цунами даже для малого судна может пройти просто незамеченной, в то время как крутая и высокая штормовая волна представляет для него реальную опасность. Но в прибрежной полосе по степени опасности на первое место выходят волны цунами.

Примерно 80% сильнейших зем-

летрясений в мире происходят в бассейне Тихого океана. Не удивительно поэтому, что именно Тихоокеанское побережье за последнее тысячелетие поражалось цунами около тысячи раз. Но историей зафиксированы случаи возникновения вызванных землетрясениями огромных волн и в других океанах и морях. В 365 г. н.э. в Александрии (Египет) волны погубили 5000 человек, в IV в. сейсмические волны обрушились на несколько островов в Средиземном море, а лодки забросили на крыши домов портовых городов. По сведениям различных источников, за последние 2000 лет в Черном море отмечено 26 случаев цунами. Неоднократно наблюдались вызванные мор-

КАМЕЛЕК ДЛЯ ЯХТЫ

Владимир Маляренко



Продолжение.
Начало см. в предыдущем номере.

Печки на твердом топливе

В чем преимущество твердотопливной печки? Нечему ломаться, забиваться, не нужно никаких дополнительных топливных шлангов, фильтров, арматуры. Это самые надежные и долговечные отопители. Их главный недостаток — топливо, которое быстро сгорает и занимает слишком много места. Уголь или дрова нужно запастись и где-то хранить. Оно должно быть очень сухим, чтобы горело с минимумом дыма и сажи, что часто сложно обеспечить. Нужно постоянно следить за тем, чтобы в топке было топливо, автоматически оно туда не поступает. Дым и копоть из дымохода пачкают элементы палубы. А уж чего стоят возня с удалением золы и связанная с этим грязь!

Но зато с такой печкой можно испытать ни с чем несравнимые ощущения. Поэтому твердотопливные камельки по-прежнему пользуются уважением у североамериканских и канадских круизеров-энтузиастов, которым нравится путешествовать с такой печкой и возиться с ней — добывать топливо

и убирать золу, при этом ощущая все прелести жизни у потрескивающего очага с живым пламенем, приятным сухим теплом и особым ароматом в салоне. Теплоотдача твердотопливной печки удивительно высока, особенно если в качестве топлива используются специальные брикеты древесного угля или из прессованных опилок. Если в топку можно поместить полдюжины брикетов, то жар поддерживается всю ночь — холодным утром это всегда ценится. Эксплуатационные расходы у такой печки самые низкие по сравнению с агрегатами, работающими на других видах горючего: можно использовать дрова, древесный уголь, каменный уголь, кокс, торфяные брикеты, прессованные опилки, а по берегам легко найти достаточное количество бесплатного топлива — годятся даже сосновые и еловые шишки (поиски валежника вдоль берега — отличное развлечение).

Твердотопливная печка в зимнее время работает лучше, чем печки на других видах топлива. Чем ниже тем-

пература, тем больше температурное расслоение в салоне: у пола образуется застойная зона холодного воздуха, а теплый воздух «прилипает» к подволоку и уходит наружу через приоткрытый люк, иллюминатор или палубный вентилятор. То есть, голова — в тепле, ноги — в холоде, в форпике — ледник. Обладая сильной тягой, твердотопливная печка уменьшает такое расслоение, поскольку работает, как трюмный вентилятор: тянет воздух из трюма и выбрасывает его в дымоход. Воздух в салоне свежий и чистый. Тепло сухое, помещение быстро прогревается и просушивается.

Однако, если кто-то захочет установить такую печь на своей лодке, он должен знать, что монтаж должен отвечать определенным требованиям. Для максимального эффекта и соблюдения мер пожарной безопасности вокруг твердотопливной печки и дымохода должно быть обеспечено соответствующее воздушное пространство.

Прежде всего нужно определиться с несколькими важными вопросами. Сколько свободного пространства имеется на лодке для установки печки? В каком месте палубы или крыши рубки будет расположен выход дымохода? Можно ли обеспечить