

О возможности активного штормового маневрирования самоходного приборно-измерительного модуля с повышенным запасом плавучести

В сообщении обосновываются теоретические предпосылки проектирования малых самоходных автоматических приборно-измерительных модулей, свободно перемещающиеся по поверхности воды и предназначенные для сбора и непрерывной регистрации океанологической и гидрометеорологической информации, в том числе о штормах. Рассматривается вариант доставки модуля к месту выполнения работ и обратно воздушным путем.

About possibilities of active stormy maneuvers for a ship with high reserve of buoyancy.

V.N. Khramushin, G.I. Shkut

In report are motivated theoretical premises of designing small self propellant automatic instrument measuring modules, liberally moving down to surfaces of water and intended for the collection and continuous record an oceanology and hydrometeorology information, including on storms. Considers variant of delivery a modules to the place of work execution and back air way.

В рамках научных исследований по программе изучения штормовой мореходности корабля и обеспечения безусловной безопасности его плавания при любом состоянии моря традиционно наибольшее внимание уделяется принципам непротиворечивого проектирования, приводящим к пассивной стабилизации всех видов качки корабля, что фактически означает всемерное уменьшение интенсивности динамического взаимодействия между кораблем, штормовым океаном и атмосферой.

Пассивная штормовая стабилизация корабля достигается за счет заострения ватерлинии в оконечностях корпуса и скругления формы шпангоутов в его средней части. При этом главной архитектурной особенностью такой стабилизации всегда является исключение чрезмерных объемов в надводной части герметичного корпуса, а также всяческое снижение высоты и площади парусности палубных надстроек и мачт. Последнее ограничение неприемлемо для большого класса малых плавсредств и крупных судов, таких как:

- спасательные шлюпки, имеющие относительно малую собственную массу и большой внутренний объем для размещения пассажиров;
- паромы, размещающие в своем корпусе колесную технику;
- авианесущие корабли, нуждающиеся в просторных ангарах и высоких полетных палубах;
- все классы скоростных глиссирующих судов и гидросамолетов.

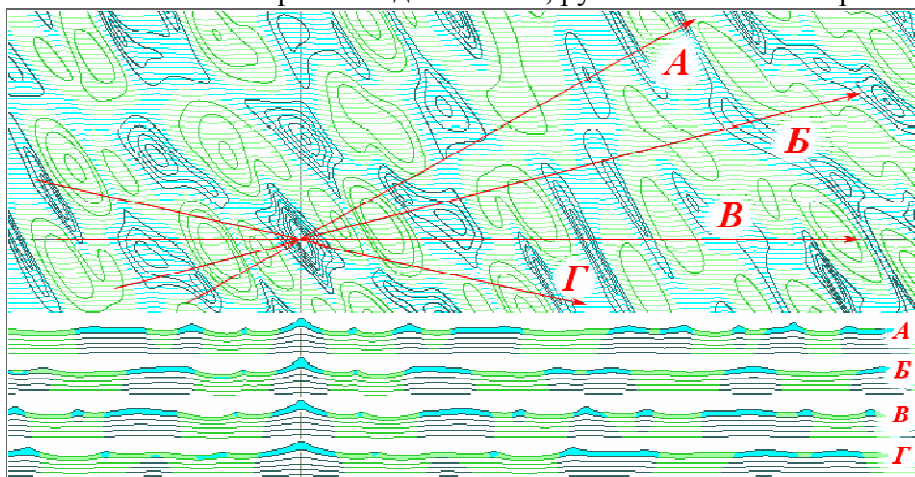
Большой запас плавучести, по какой бы причине он ни придавался морскому судну, всегда крайне отрицательно влияет на безопасность штормового плавания, так как он всегда приводит к резкой качке, слемингу, зарываемости под гребнями крутых волн и, как следствие, к неизбежной опасности захвата и опрокидывания корабля под ударами шторма в случае выхода из строя его двигателей или движителей. Тем не менее, исторический опыт кораблестроения уверенно демонстрирует эффективность методов активного штормового плавания легко нагруженных судов. Все эти методы ориентированы на активное штормовое маневрирование корабля [3], способного противопоставить штормовой стихии энергию своих двигателей или парусного вооружения, находящихся под непрерывным контролем ходовой вахты и активным управлением.

С каждой из штормовых волн судно с большой парусностью и высоким надводным бортом неизбежно вступает в активное динамическое взаимодействие, интенсивность кото-

рого приводит к огромным нагрузкам на корпус, нарушающим его прочность, и к интенсивной качке, делающей условия обитания на борту такого судна невыносимыми. В реальной морской практике ходовая вахта старается выбрать такой курс и такую скорость хода судна, при которых воздействия шторма менее всего угрожают безопасности плавания. В зависимости от архитектуры судна, таким оптимальным режимом штормового плавания будет либо ход по ветру, либо лагом к волне, либо курсом носом на волну. Во всех этих режимах требуется повышенная надежность двигателей и рулевых устройств, а также достаточно высокий опыт управления судном у капитана, его вахтенного помощника и рулевого, так как любая малейшая ошибка в штормовом маневрировании, совершенная на ходовом мостике, может привести к катастрофе.

Проектируемые в СКБ САМИ ДВО РАН малые самоходные автоматические приборно-измерительные модули, свободно перемещающиеся по поверхности воды и предназначенные для сбора и непрерывной регистрации океанологической и гидрометеорологической информации, в том числе о штормах, имеют значительные преимущества перед полноразмерными судами, строящимися в настоящее время на судовых верфях. В частности, избыточная прочность не грозит разрушением или разгерметизацией их корпуса под ударами штормовых волн; также самоходному модулю не страшны неожиданные опрокидывания, так как благодаря специальным обводам корпуса он может самостоятельно вернуться на ровный киль и продолжить выполнение поставленной задачи.

Однако для успешного маневрирования автономного модуля в штормовых условиях, для изучения которых он, собственно, и создается, невозможно воспользоваться обычным человеческим опытом по штормовому управлению судном. Своевременные решения о курсе и скорости хода должны приниматься автоматически непосредственно на борту автономного модуля с использованием специальных математических моделей, прогнозирующих динамику взаимодействия корпуса с фронтами ближайших штормовых волн [1]. Эти модели автоматически вырабатывают соответствующие управляющие команды и посылают их на исполнительные механизмы маршевых двигателей, рулей и стабилизаторов качки модуля.



Модель трехмерного волнового поля для открытого моря, представленная наложением трех независимо существующих ячеисто-групповых систем волн – ветровым волнением: $\lambda=60\text{м}$, $\tau=6,2\text{с}$, $h=7,2\text{м}$, движущимся в направлении $A=250^\circ$; первой и второй системами волн зыби: $\lambda=100\text{м}$, $\tau=8,0\text{с}$, $h=5,9\text{м}$, $A=210^\circ$ и $\lambda=160\text{м}$, $\tau=10,1\text{с}$, $h=5,1\text{м}$, $A=270^\circ$. Показаны профили волн и изолинии уровней моря. Серыми линиями прорисованы изолинии уровня моря во впадинах волн, темными – на гребнях. Изолинии проведены через 2 м. Курс движения судна в направлении А ведет навстречу ветровому волнению, курсы Б, В и Г – на 15° , 30° и 45° вразрез волне. В нижней части рисунка показаны профили волн на отмеченных курсах.

На рисунке показан вариант моделирования штормовой поверхности моря, когда групповые структуры ветровых волн и волн зыби наиболее активны и следуют ячеистыми порядками с одинаково высокой амплитудой. Оценивая характер штормового волнения на приведенной иллюстрации, можно прийти к заключению, что своевременным выбором курса и скорости хода можно существенно снизить вероятность встречи с наиболее крупными девятиными валами штормового волнения. Для идентификации параметров волнения и краткосрочного прогноза наиболее близких к модулю крупных волн могут быть использованы бортовые инклинометры и пьезогироскопы (непрерывно анализирующие динамику килевой и бортовой качки), а также рыскания на курсе.

Так же как и обычные морские суда, самоходные приборные модули с повышенным запасом плавучести должны весьма точно маневрировать среди крупных морских волн, удерживая, например, ход по ветру или навстречу волне, используя, при необходимости, форсированные режимы движения при усилении шторма для предвосхищения ударов обрушивающихся гребней морских волн. Такие режимы движения оправданы для глиссирующих режимов движения модуля на больших скоростях. Учитывая, что любые, даже небольшие морские волны имеют высоту большую, чем надводный борт у самоходного модуля, а длину – превышающую величину его продольных размерений, при достижении больших скоростей движения модуль с большим запасом плавучести будет высоко отрываться от поверхности воды (подпрыгивать на гребнях волн). В таком полете между гребнями волн горизонтальная стабилизация модуля возможна только с помощью воздушных крыльевых систем, что привносит в типично морскую архитектуру плавающего модуля характерные черты воздушного судна, которое может быть построено либо по схемам низколетящих экранопланов, требующих автоматического позиционирования на определенной, предварительно задаваемой и регулируемой высоте над поверхностью воды, либо по классическим крыльевым схемам высоко летающих аэропланов.

Однако в прыгающем режиме движения самоходного модуля существенно затрудняется работа всех океанографических измерительных приборов, устанавливаемых на его борту, а эффективная работа гидроакустического оборудования становится практически невозможной. Принимая во внимание повышенную турбулентность воздушных потоков на малых высотах над штормящим морем и резкость порывов и шквалов штормового ветра в приповерхностных слоях атмосферы, невозможно достигнуть ни надежности, ни эффективности работы аэродинамических крыльевых стабилизирующих систем, достаточных для сколь угодно плавного (безударного) движения над штормовыми волнами. Основная проблема управления движением состоит в значительной разнице скоростей, необходимых для достаточно стабильного движения в воздушном полете и при плавании по поверхности воды. Также скорость срабатывания исполнительных механизмов управления движением, в силу их инерционности, не позволит им достаточно адекватно реагировать на изменения штормовой обстановки.

Учитывая перечисленные особенности штормового плавания легко нагруженных автономных модулей, оптимальной схемой его надводного движения может стать чистый воздушный полет на той высоте, где отсутствует опасное влияние штормовых волн и водяных брызг. Для проведения запланированных измерений параметров водной среды и подводных гидроакустических промеров такой модуль должен приводняться и активно маневрировать по поверхности воды со скоростью, достаточной для своевременного уклонения от ударов и опрокидывающих воздействий со стороны гребней штормовых волн.

Таким образом, для обеспечения надводного плавания необходимо решение технической задачи о построении оптимальной формы корпуса корабля, способного сохранять управляемое движение и поддерживать высокостабильное положение корпуса в окружении штормовых волн, применяя для этого эффективные подводные движители. Для обеспечения отрыва от воды и перехода в режим воздушного полета после окончания океанографических измерений, такой модуль должен, по крайней мере, изменять свою аэродинамическую форму, используя свойства крыльевых систем вначале для неуправляемого достижения продольной и поперечной остойчивости аппарата на малой высоте над поверхностью воды с последующим переходом к активной аэродинамической стабилизации воздушного полета с помощью пьезо- или лазерных гироскопических датчиков.

Попытаемся сформулировать требования к проектному решению по конструированию малого самоходного автоматического приборно-измерительного модуля. Пусть основным режимом надводного плавания для проектируемого модуля будет удержание курса носом на волну. Принимая во внимание достаточно высокую скорость хода, ему могут быть приданы обводы типа «морского ножа» или ярко выраженного «двойного клина», способствующие постоянному прижиманию кормового подзора к поверхности воды и удерживанию на постоянном заглублении винто-рулевого комплекса, одновременно сильно демпфирующего килевую качку при встрече с гребнями штормовых волн. Высокая энерговооруженность модуля должна обеспечить активную стабилизацию килевой и бортовой качки, что необходимо для постоянного удержания над водой шноркелей воздухозаборников, радиоантенн и полетных крыльев, которые, по-видимому, должны автоматически изменять свое местоположение на корпусе модуля при переходе из режима воздушного полета в режим надводного плавания и обратно. В частности, сложенные крылья вполне могут обеспечить режим флюгера, использующего силу ветра даже в случае пассивного удержания модулем курса носом на волну.

Процедура взлета с поверхности воды должна обеспечиваться краткосрочным прогнозом наличия относительно ровной поверхности встречного восходящего волнового склона без обрушающегося гребня, по которому возможен разгон до скорости надводного плавания, достаточного для удержания в полете над экраном в момент разгона и автоматической стабилизации взлетающего модуля после «спрыгивания» с гребня волны и набора высоты. Посадка на воду со снижением скорости полета до скорости надводного плавания, к сожалению, невозможна без сильных ударов о поверхность воды, т.к. в полете трудно достоверно оценить параметры состояния волнения на штормовой поверхности моря.

Таким образом, разрабатываемые в настоящее время в СКБ САМИ ДВО РАН предпосылки построения корпусов быстроходных морских измерительных модулей, приводят к раздельным техническим решениям для чистого воздушного полета на относительно большой высоте над гребнями волн и для свободного плавания на поверхности штормового моря. Объединение этих технических решений в единой испытательной конструкции невозможно без проведения полного комплекса научных исследований и компьютерного моделирования для изучения динамики взаимодействия надводного корабля со штормовым волнением и ветром, а также летательного аппарата с сильно турбулизированным ветром приповерхностного слоя воды. В обоих случаях общей целью исследований должен быть поиск возможностей активного маневрирования в суровых штормовых условиях, обеспечивающих удержание заданного положения автоматического модуля относительно гребней штормовых волн.

Ввиду экстремальности режимов плавания и больших перегрузок при высокоскоростных воздействиях на самоходный модуль морских волн натурные испытания и исследования

не могут проводиться на крупных, полноразмерных плавучих моделях с человеком на борту. Однако разрабатываемые методы безопасного штормового плавания, математические модели и аппаратура для автоматического управления малыми быстроходными модулями в будущем могут быть перенесены в конструкторские бюро судовых верфей России для использования при проектировании и создании крупных высокоскоростных кораблей и судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антоненко С.В., Малащенко А.Е., Храмушин В.Н. Поисковые исследования штормового мореходства // Вестн. ДВО РАН. 2004. № 1. С. 26-39.
2. Храмушин В.Н. Исследования по оптимизации формы корпуса корабля // Вестн. ДВО РАН. 2003. № 1. С. 50-65.
3. Храмушин В.Н. Поисковые исследования штормовой мореходности корабля. Владивосток : Дальнаука, 2003. 172 с.