**Реферат на тему:**

 **Контроль и регулирование движения судна**

**Качкой**называют сложное колебательное движение, которое судно может совершать как твердое тело при плавании на спокойной или взволнованной поверхности воды. Возможность колебательного про­цесса определяется наличием сил или моментов, оказывающих сопро­тивление перемещениям и стремящихся возвратить судно в исходное положение.

Под действием возмущающей силы судно может иметь шесть воз­можных видов перемещений: три поступательных в направлении осей *х, у, z* и три колебательных вокруг этих осей. Однако только три из них могут иметь колебательный характер. Вертикальные колебания (сила действует в направлении оси *z*), приводящие к периодическим по­гружениям и всплытиям, называют *вертикальной качкой.* Колебания вокруг оси *у,* вызывающие наклонения с борта на борт, называют *бор­товой качкой* (переменный крен). Колебания вокруг оси *х,* вызываю­щие продольные наклонения, называют *килевой качкой* (переменный дифферент).

Сила в направлении оси *х* вызывает ускорение или торможение дви­жения, а сила в направлении оси *у*— боковое смещение (дрейф). Мо­мент вокруг оси *z* вызывает лишь отклонение от курса.

Колебания судна обычно происходят одновременно, но их раздель­ное изучение облегчает задачу, а результирующее перемещение, оп­ределяющее положение судна относительно воды, может быть полу­чено суммированием результатов.

Характеристиками колебательного процесса являются:

*амплитуда качки* — наибольшее отклонение судна от положения равновесия;

*размах качки* — полное перемещение от одного крайнего положе­ния до другого (сумма двух амплитуд следующих друг за другом коле­баний);

*частота качки * — число полных колебаний судна за время *2nt;*

*период качки t* — интервал времени между двумя последователь­ными колебаниями отклонений судна в одном и том же направлении (два размаха), *t* = 2/;

*коэффициент динамичности качки* — отношение амплитуды кач­ки к амплитуде волны, отражающее реакцию судна на воздействие ре­гулярных волн.

Если возмущающая сила приложена однократно, то колебательный процесс под действием сопротивления быстро затухает. Амплитуда максимального отклонения зависит от значения приложенной силы и характеристик судна, а частота или период качки — только от ха­рактеристик судна. Поэтому такие колебания называют *собственными,* или *свободными.*

Наиболее важным параметром качки является частота, которая при совпадении с частотами действующих сил может привести к резо­нансным

колебаниям и значительному, иногда многократному, увеличе­нию амплитуды. Обеспечение плавания без попадания в условия резо­нансных колебаний возлагается на судоводителя. При отсутствии рас­четных данных с достаточной точностью период свободной бортовой качки может быть определен по формулe

 *t = Kk (B/h1/2m)* (1)

где *Kk* — размерный коэффициент (принимают *Kk =* 0,83-:-0,86 с/м для пассажирских судов, 0,75-:-0,85 с/м для грузовых судов и 0,62-:-0,72 с/м для буксиров; большие значения коэффициента относятся к порожнему судну, меньшие — к груженому);

 *В* — ширина судна, м;

 *hm* — малая метацентрическая высота, м.

Из формулы (1) видно, что чем меньше метацентрическая высота, тем больше период качки, а следовательно, плавнее качка. Поэтому в процессе проектирования и эксплуатации судна стремятся к тому, что­бы его метацентрическая высота имела минимальное значение, обе­спечивающее безопасность мореплавания.

Периоды свободной килевой и вертикальной качки одинаковы и приближенно могут быть определены:

 *t = tверт – (2,7-:-3)Т*

где *Т* — осадка судна, м.

Связь между периодом бортовой качки и метацентрической высотой позволяет заметить, что при увеличении остойчивости *(hm* возрастает) снижается плавность качки (*t* убывает), т. е. возрастает частота коле­баний **.

На волнении повторяемость возмущающих сил (встреча с волной) оказывается регулярной, что может привести к резонансным колеба­ниям. Частота встречи с волной зависит от скорости судна и волны, угла их встречи. Если считать, что судно идет к направлению распро­странения волн под углом , то относительная скорость встречи

 *c' = vcos ± cB,*  (2)

где *v* — скорость судна, м/с;

 *сB* — скорость распространения волны, м/с (знак плюс соответствует встречной волне, минус — попутной).

Частота встречи (частота возмущающей силы) соответствует отно­шению длины волны к относительной скорости встречи, т. е.

 *tB = B/ c'*

Длина волны *B* определяется расстоянием между двумя соседними вершинами или подошвами волн. Высота волны определяется по верти­кали от нижней точки ее впадины (подошвы) до высшей точки вершины (гребня). Период волны *tB* определяется временем, в течение которого две соседние волны проходят через одну неподвижную точку простран­ства. Приближенно скорость распространения волны

 *св=1,25 B.*

Тогда кажущийся период волны

 *tB = B / (vcos ± 1,25B).* (3)

Судоводитель должен сопоставить период собственных колебаний судна [формулы (1) и (2)] с вынужденными колебаниями —(3). Для обеспечения безопасности движения различие между ними долж­но быть не менее 20 %. Как видно из выражения (3), частоту возму­щающей силы можно изменить изменением скорости судна и угла встречи с волной.

На практике безопасную скорость судна и курсо­вой угол часто выбирают с помощью специальных диаграмм Ремеза, Власова и других.

Влияние качки учитывают главным образом при нормировании мореходных качеств. В нормировании остойчивости качка учитывается при определении допускаемых моментов, а для судов класса М-СП и при нормировании отно­сительного ускорения при борто­вой качке, которое соответствует удовлетворительной обитаемости. Сводится это к тому, чтобы уско­рение, испытываемое человеком, не превышало значения, равного од­ной десятой части ускорения сво­бодного падения (0,lg). Если это требование не удовлетворяется, то на судне следует выполнить меро­приятия, снижающие амплитуду бортовой качки.

 Рис. 1. Возникновение сил на ску­ловых килях при качке

Наиболее простым средством являются *скуловые кили* — пласти­ны, установленные на скуловом поясе перпендикулярно обшивке (рис. 1). Протяженность их соот­ветствует длине цилиндрической вставки, ширина — габаритам шпангоута. При действии возму­щающего момента *Мв* скуловые ки­ли создают момент сопротивления силам *Р.* Применяют также актив­ные скуловые кили (бортовые ру­ли, стабилизирующие качку).

 Рис. 2. Цистерны для успокоения качки:

/ — свободное пространство цистерн; *2, 4 —* соответственно воздушный и водяной соединительные каналы; *3* — система кла­панов

Существуют и другие виды гасителей колебаний, к которым отно­сятся *пассивные успокоительные цистерны,* представляющие собой бор­товые цистерны, соединенные воздушным каналом сверху и водяным снизу (рис. 2). Каналы снабжены системой клапанов, обеспечивающих перетекание жидкости при крене. Сопротивление воздуха, силы инерции и трения тормозят перетекание жидкости в такой мере, что период перетекания оказывается равным периоду качки суд­на и отстает по фазе от колебаний судна на 90° и колебаний вол­ны на 180°. Таким образом, жидкость перетекает в сторону подни­мающегося борта и ее масса создает момент, успокаивающий качку судна. При режимах качки, близких к резонансу, цистерны уменьшают амплитуды качки примерно вдвое. Если жидкость перемещается насосами, то такие успокоительные цистерны счи­таются *активными.*

Наиболее сложным и дорогостоящим является применение *гиро­скопических успокоителей.* Тяжелый диск (гироскоп) успокоителя вра­щается с большой скоростью вокруг оси, соединенной с рамой. Ось качания рамы расположена горизонтально в поперечной плоскости судна и специальными цапфами соединена с его корпусом. При кач­ке судна и вращении гироскопа возникает сложное движение рамы — прецессия, приводящая к появлению в цапфах реакций, создающих стабилизирующий момент.

**Особенности плавания в штормовую погоду.**

Конструкция современных морских судов обеспечивает большую проч­ность, надежную работу судовых ме­ханизмов и хорошие мореходные ка­чества. Однако плавание и управле­ние судном в шторм остаются слож­ной задачей. Обеспечение безава­рийного плавания в этот период тре­бует большого напряжения в работе всего экипажа, особенно судоводите­лей, четких знаний, умения и созна­тельной дисциплины.

Основные факторы, действующие на судно во время шторма — ветер и волнение. Ветер оказывает влияние на судно в зависимости от конструк-тивных особенностей. При развитых надстройках, избыточном надводном борте, небольшой осадке увеличи­ваются крен и дрейф судна. Ветер встречных направлений увеличивает сопротивление движению судна, ухудшает его управляемость. Если курс проходит вблизи берега, отме­лей, рифов, то дрейф в их сторону во время плавания становится опас­ным.

Главную опасность для судна во время шторма представляют волнение, вызывающее качку, напряжение в корпусе и удары волн. Сильная бортовая качка создает большие динамические нагрузки на корпус и судовые механизмы. В результате этого могут появиться деформации и тре­щины в наружной обшивке корпуса и в палубах. Возникающие инерционные силы могут явиться причиной сдвига с фундаментов механизмов и устройств, смещения груза; удары волн и качка ухудшают управляемость, снижают скорость судна; рулевая машина работает с большой нагрузкой из-за частных перекладок руля.

Неправильная загрузка судна повлекшая смещение груза, или от­сутствие опыта в управлении судна, в шторм приводят к аварийным ситуациям с тяжелыми последствиями, связанными с опрокидыванием на. Плавание с большой скоростью навстречу волне (особенно при неправильной загрузке) может вызывать напряжение корпуса, которое превысит допустимый предел, и судно может переломиться. На волне корма небольших судов и судов в балласте периодически поднимается, оголяя гребной винт, что приводит к пере­напряжению в работе главного дви­гателя.

На судне в балласте качка значи­тельно сильнее, особенно опасна для него встречная волна, которая, уда­ряясь в поднятое волной днище носо­вой части корпуса, вызывает сильную вибрацию.

В сильный шторм волны могут повредить или смыть палубные гру­зы, разрушить люковые закрытия, вентиляторы, судовые устройства и системы. Это создает опасность про­никновения воды в трюмы, влечет за собой подмочку груза, а иногда и гибель судна.

Судоводитель должен всегда пом­нить, что ошибки в управлении суд­ном в

шторм могут привести даже самое современное судно к аварий­ному состоянию или его гибели. Без­аварийное плавание в шторм зависит от высоких профессиональных зна­ний и опыта экипажа, подготовлен­ности судна, заблаговременного по­лучения прогнозов погоды и умелого управления.

Составная часть повседневной ор­ганизации службы независимо от предстоящего плавания, продолжи­тельности рейса, прогнозируемой по­годы является подготовкой судна к штормовым условиям плавания. Суд­но должно быть приведено в такое состояние, которое обеспечит безо­пасность плавания в любых погодных условиях. Подготовка судна к плава­нию начинается при стоянке в порту. Особое внимание уделяется погрузке. При составлении грузового плана не­обходимо предусмотреть обеспечение остойчивости, местной и общей проч­ности корпуса, мореходных качеств на момент выхода судна из порта, на период рейса и приход в порт на­значения с учетом расходования су­довых запасов в рейсе и качествен­ную доставку груза получателю. Во время погрузки необходимо конт­ролировать остойчивость, при необ­ходимости производить перерасчеты;

тщательно следить за укладкой, на­ливом, штивкой и сепарацией, креп­лением груза. Особый контроль не­обходимо осуществить за погрузкой и креплением тяжеловесных и палуб­ных грузов. Доступ к палубным ме­ханизмам и пробкам воздушных трубок балласта, льял или льяльных колодцев должен быть свобод­ным.

При подготовке судна к рейсу сле­дует руководствоваться Рекоменда­циями по обеспечению безопасности плавания судов в осенне-зимний пе­риод и в штормовых условиях (РОБПС-84).

**Штормование.** Если плавание суд­на в нужном направлении или в на­правлении ближайшего порта-убе­жища невозможно из-за очень слож­ных штормовых условий, то выпол­няется штормование — особый вид плавания, при котором судно удер­живается на месте или идет курсом и скоростью, наиболее благоприят­ными относительно направления вет­ра и ветровых волн. Практикой уста­новлено, что при штормовании про­тив волны наиболее безопасной яв­ляется минимальная скорость, при которой судно еще слушается руля.

Способ штормования определя­ется судоводителями с учетом кон­структивных особенностей судна, его загрузки, остойчивости и района пла­вания:

*на носовых курсовых углах* — на­иболее распространенный вид, реко­мендуется для судов, имеющих пол­ные обводы в носовой части (кор­пус конструктивно укреплен и рас­считан на большие волновые нагруз­ки с дифферентом на корму). На курсах носом на волну судно легче управляется, более устойчиво на кур­се. Остойчивость судна сохраняется. Размахи бортовой качки уменьшают­ся. Скорость минимальная;

*на кормовых курсовых углах* вы­полняется только в том случае, ког­да длина

волны значительно отли­чается от длины судна, имеющего нормальную или повышенную остой­чивость; в этом случае возрастает рыскливость, снижается устойчи­вость на курсе;

*в дрейфе* — штормование с засто­поренными главными двигателями. Опасно для судна при сильном шквальном ветре.

Судно с большой метоцентрической высотой — остойчиво, но будет иметь сильную и резкую бортовую качку, при которой возможны по­вреждения корпуса, сдвиг механиз­мов, нарушения креплений и сме­щение груза.

Судно с большой парусностью мо­жет быть положено на борт. Спо­соб требует большого водного прост­ранства, свободного от навигацион­ных опасностей с подветренной сто­роны.

*Штормование лагом к волне*. В этом случае судно в наибольшей сте­пени подвержено воздействию волны и ветру. Штормовать данным спо­собом могут суда с повышенной остойчивостью. Качка у таких судов плавная, оно легко восходит на вол­ну, не принимая много воды на палубу.

В штормовых условиях о повороте судна на новый курс экипаж пре­дупреждается заблаговременно. При очень сильном шторме наиболее опасным является положение судна лагом к волне. Чтобы повернуть суд­но на новый курс, устанавливается закономерность изменения размеров ветровых волн и только после про­хождения очередной наиболее разви­той волны выполняется поворот.

*Поворот при плавании судна про­тив волны* совершают как вправо, так и влево, позволив судну ували­ваться под ветер и уменьшив ход до минимального. Поворот судна начи­нают перекладкой руля на борт (30—35°) и дают полный ход, когда корма окажется на обратном склоне крутой волны. Во время поворота, при подходе высоких волн с кормо­вых углов руль следует отводить к ДП заблаговременно. По окончании поворота изменением скорости хода вывести судно из зоны усиленной качки.

*Поворот при плавании судна по волне* начинают, когда на обратном склоне последней из серии крупных волн окажется носовая часть судна с таким расчетом, чтобы вторая поло­вина поворота выполнялась в период относительно спокойного волнения. Если у судна перед поворотом период бортовой качки больше периода волн, то первую половину поворота выполняют на малом ходу, а вто­рую— как можно быстрее, не наби­рая большой инерции хода.

В другом случае, когда перед пово­ротом период бортовой качки меньше периода волн, тогда первую полови­ну нужно выполнять на большом ходу, а вторую как можно быстрее, но не набирая большой инерции хода.

**Прочность корпуса**определяет способность судна восприни­мать действующие в процессе эксплуатации нагрузки, не разрушаясь. Для оценки прочности судна определяют внешние нагрузки, дейст­вующие на корпус, напряжения в различных наиболее нагруженных его элементах и сопоставляют их с нормативными допускаемыми зна­чениями. Если полученные расчетом напряжения не превышают до­пустимое, то прочность корпуса считается обеспеченной. При этом очень важно, чтобы прочность корпуса была достаточной при мини­мальной массе. Корпусы речных судов рассчитывают в соответствии с Правилами Регистра Судоходства Украины.

На корпус движущегося судна могут действовать постоянные и случайные нагрузки. *Постоянные нагрузки,* действующие в течение всего периода эксплуатации, — это вес корпуса, надстроек, судовых механизмов и принятого груза, силы поддержания и силы сопротивле­ния воды движению судна. *Случайные нагрузки* воздействуют на кор­пус в течение какого-либо промежутка времени и возникают при уда­рах волн, посадке судна на мель, столкновении судов. Для упрощения расчетов действующие нагрузки условно делят на две категории: вызывающие общий изгиб корпуса или местный из­гиб отдельных его элементов.

При плавании на тихой воде изгиб корпуса вызывается неравно­мерностью распределения по длине судна сил тяжести и сил поддер­жания. Для построения эпюры весовой нагрузки *qB* (рис. 3, *а)* при­нимают, что силы тяжести, действующие в пределах каждой теорети­ческой шпации, распределены равномерно. Значение этих сил рассчи­тывают для каждой шпации отдельно с учетом всех составляющих. Силы поддержания распределяются по длине судна пропорционально погруженным площадям шпангоутов, что и отражает эпюра этих сил

Полученную ступенчатую нагрузку, равную разности сил тяжести и сил поддержания, называют *эпюрой нагрузки судна q* (рис. 3, б).

По нагрузке судна вычисляют срезывающие силы *FТВ* и изгибающие моменты *МТВ*, действующие на корпус при плавании на тихой воде. Их определяют соответственно как сумму сил или сумму моментов, взятых слева или справа от рассматриваемого сечения. Значение и знак изгибающего момента в каждом сечении корпуса зависят от характера распределения нагрузок по длине судна. Очевидно, что чем больше не­равномерность нагрузки, тем больше и изгибающий момент.



 Рис. 3. Эпюры нагрузок, вызывающих общий изгиб корпуса

При выходе судна на волну силы поддержания перераспределяют­ся по длине корпуса благодаря\_изменению формы погруженного объе­ма. При этом судно

может попасть миделем на вершину (рис. 4, *а)* или на впадину волны (рис. 4, *б*). В первом случае в палубе возни­кают дополнительные напряжения растяжения (+), а в днище — сжатия (- ), что соответствует перегибу корпуса; во втором, на­оборот, палуба подвергается дополнительному сжатию, а днище — растяжению, что соответствует прогибу корпуса.



 Рис. 4. Положение судна при постановке на волну

Наибольшие расчетные изгибающие моменты как для прогиба, так и для перегиба (Мр, кН \* м) вычисляют алгебраическим суммирова­нием наибольших значений изгибающих моментов, возникающих на тихой воде, с дополнительным волновым изгибающим моментом *М* дв:

 *МР = МТВ + МДВ*

Аналогично наибольшие расчетные перерезывающие силы как для прогиба, так и для перегиба определяют алгебраическим суммирова­нием наибольших значений перерезывающих сил, возникающих на тихой воде *FTB*, с дополнительной волновой перерезывающей силой *FДВ:*

 *FР = FТВ + FДВ.*

Способность корпуса выдерживать нагрузки, действующие на отдельные его перекрытия и связи, определяет *местную прочность.* Среди местных нагрузок выделяют гидростатическое давление при аварийных затоплениях отсеков, сосредоточенные и распределенные силы при приеме и снятии грузов в районе грузоподъемных устройств, реакции кильблоков при постановке в док, сосредоточенные силы при швартовке и буксировке, силы обжатия корпуса льдом при ледовой проводке судна.

Давление воды на поперечное сечение корпуса определя­ют с учетом движения судна на волнении, т. е. нагрузки на днище *qД* и на борта *q*б вычисляют по осадке уровня волновой ватерлинии. Прочность палубных перекрытий должна обеспечивать восприятие поперечной равномерно распределенной нагрузки *qн.*

Правилами постройки ледоколов и транспортных судов для пла­вания в ледовых условиях предусматривается комплекс конструктив­ных мероприятий по подкреплению корпуса, обеспечивающих безопас­ность плавания во льдах.

Днищевые перекрытия речных судов проверяют также на восприятие реакции платформ и кильбло­ков косяковых тележек при подъе­ме судов на слипы.

Ре­гистром Украины утверждается инструкция по погрузке, выгрузке и балластировке для судов каждого типа. Отклонение от инструкции может привести к нарушению прочности, поэтому выполнение ее должно строго соблюдаться командным составом судна.

Прогиб (перегиб) судна можно уменьшить или устранить перемещением груза или запасов ближе к оконечностям (мидель-шпангоуту).

Использование моделирующих приборов для контроля загрузки с учетом необходимой посадки, остойчивости и прочности позволяет быстро и достаточно точно проверить несколь­ко вариантов загрузки и выбрать приемлемый, а иногда и оптимальный вариант.

С ростом скорости, и размеров судов при плавании на волнении участились случаи слеминга, приводящего к повреждению днища и бортов судна. В наиболее тяжелых случаях по­вреждения охватывают до 30% длины судна в носу, а прогибы достигают 300 мм. что приво­дит к разрыву связей и обшивки корпуса, за­топлению носовых трюмов.

Условия появления слеминга: волнение с встречных курсовых углов;

близость кажущего­ся периода волнения собственному периоду килевой качки; кажущаяся крутизна волны не менее 1/50; скорость вертикальных колебаний корпуса не менее 3,5 м/с. Днищевой слемннг появляется при осадке носом менее 0,04 - 0,05 длины судна.

Для судоводителя важно объективно оце­нить интенсивность удара вря слемииге для решения вопроса о поддержании скорости без опасения повредить корпус.

Регулирование и контроль за обеспечени­ем местной прочности палубных перекрытий, платформ, двойного дна, люковых закрытий осуществляется: путем назначения для каждого перекрытия допускаемых удельных нагрузок. Величины этих нагрузок указаны на чертежах палуб судовой документации и обычно лежат в пределах 1,0—10 тс/м2.

**Ходкость**—способность судна развивать с помощью движителей за­данную скорость, преодолевая сопротивление окружающей среды — воды и воздуха. Сила сопротивления движению судна зависит от физических свойств среды. Важнейшими физическими характеристика­ми жидкости являются плотность и вязкость.

*Плотностью* называется величина, определяемая отношением мас­сы вещества к занимаемому им объему, т/м3

 * = m/V1*

где *т* — масса жидкости, т;

*V1* — объем, м8.

*Вязкость* (внутреннее трение) — свойство жидкостей оказывать со­противление перемещению одной их части относительно другой. При течении вязкой жидкости в трубе ее скорость возрастает от нулевого значения у стенки трубы до максимального значения на оси. Между слоями, движущимися с разными скоростями, действуют касатель­ные силы внутреннего трения: слой, перемещающийся быстрее, увле­кает за собой слой, движущийся медленнее, а тот в свою очередь тор­мозит первый. Вязкость жидкостей увеличивается с понижением тем­пературы; она характеризуется *коэффициентами динамической * *и кинематической v вязкости.*

Вязкость жидкости, а также шероховатость поверхности вызывают изменение скорости обтекания вблизи поверхности корпуса. Благодаря молекулярным силам сцепления частицы воды, непосредственно сопри­касающиеся с обшивкой корпуса, как бы прилипают к ней и движутся со скоростью, равной скорости судна. По мере удаления от поверхно­сти корпуса скорость частиц в слое воды уменьшается. На некотором удалении частицы имеют скорость невозмущенного потока. Зона, в ко­торой наблюдается изменение скоростей движения частиц жидкости, называется *пограничным слоем.*

Относительное смещение слоев воды в пограничном слое и измене­ние при этом гидродинамического давления вдоль смоченной поверх­ности корпуса вызывают сопротивление движению судна.

*Полное сопротивление движению судна* складывается из пяти основ­ных составляющих:

 *R = RT + RФ + RB + RBЧ + Rвозд*

*Сопротивление трения RT* — равнодействующая сил трения, возни­кающих вследствие вязкости воды между корпусом движущегося суд­на и ближайшими к нему слоями воды пограничного слоя. Сопротив­ление трения зависит от скорости судна, размеров и формы смоченной поверхности корпуса и степени ее шероховатости:

 *RT = T (/2) v2 *

где *T* — безразмерный коэффициент сопротивления трения;

 *v* — скорость судна, м/с;

** — площадь смоченной поверхности корпуса, м2.

Площадь смоченной поверхности определяют по теоретическому

чертежу или эмпирической формуле:

* = L(1,36T + 1,13В),*

где *L, В, Т* — главные размерения судна, м;

** — коэффициент полноты во­доизмещения корпуса.

Снижение сопротивления трения на практике достигают устране­нием шероховатости наружной обшивки, периодическими очисткой и окраской подводной части корпуса стойкими и самополирующимися красками мелкой зернистости, планомерной борьбой с обрастанием корпуса водорослями и ракушками у судов смешанного плавания.

*Сопротивление формы RФ* образуется при понижении давления во­ды за кормой судна и появлении добавочных сил, препятствующих его движению. Равнодействующая сил, возникающих вследствие разности гидродинамических давлений вдоль корпуса и зависящих от его фор­мы, называется сопротивлением формы:

*RФ = Ф(/2) v2 *

где *Ф* — безразмерный коэффициент сопротивления формы.

Сопротивление формы может быть уменьшено при проектировании корпуса судна путем улучшения его обтекаемости, увеличения отноше­ния *L/B* и обеспечения примыкания кормовых ветвей ватерлинии к ДП в подводной части корпуса под возможно меньшими углами.

*Волновое сопротивление RB* обусловлено влиянием волн на распре­деление гидродинамических давлений вдоль смоченной поверхности судна:

*RВ = В(/2) v2 *

где *В* — безразмерный коэффициент волнового сопротивления (находят по специальным графикам, составленным по результатам модельных испытаний судна).

Для уменьшения волнового сопротивления задаются возможно большими значениями отношения *L/B* и коэффициента продольной пол­ноты. При прочих равных условиях достигается значительное умень­шение волнового сопротивления у катамаранов. С целью сниженияволнового сопротивления корпуса морских судов изготовляют с носо­выми бульбами.

Сопротивление формы и волно­вое сопротивление образуют *оста­точное сопротивление,* определяе­мое по модельным испытаниям судна в опытовом бассейне:

 *RO = RФ + RB*

*Сопротивление выступающих частей RBЧ* образуется сопротивлением рулей, насадок, кронштейнов гребного вала и других выступающих частей корпуса. Конструкторы стремятся уменьшить сопротивление выступающих частей, придавая им хорошо обтекаемую форму и сокра­щая их число.

*Сопротивление воздуха R*В03Д характеризует воздействие на судно воздушной среды. При проектировании судна для уменьшения сопро­тивления воздуха надстройкам придают обтекаемую форму и макси­мально уменьшают их размеры.

**Двигатели**, с помощью которых судно приво­дится в движение, называются главными. Главные двигатели вме­сте с оборудованием, необходимым для их работы, составляют главную энергетическую установку судна.

На морских судах в качестве главных двигателей устанавли­вают двигатели внутреннего сгорания (дизели), реже — паровые и газовые турбины. На судах старой постройки сохранились паро­вые машины. Все перечисленные двигатели являются тепловыми, т. е. вырабатывают механическую энергию из тепловой. Теплота выделяется при сгорании нефтяного топлива или, в атомных уста­новках, при делении атомных ядер.

Тепловые двигатели различают по роду рабочего тела, при рас­ширении которого теплота превращается в работу. В двигателях внутреннего сгорания и газовых турбинах рабочим телом служит смесь газов, получаемая при сгорании топлива. В паровых маши­нах и турбинах рабочим телом служит водяной пар.

**Судовые дизели.** Двигатель, в котором топливо сгорает непо­средственно внутри рабочего цилиндра, называется двигателем внутреннего сгорания. Если при этом воспламенение топлива осу­ществляется за счет температуры сжатия воздушного заряда, дви­гатель называется дизелем. Смесь газов, образующихся при сго­рании топлива, имеет высокое давление и температуру. Расширя­ясь внутри цилиндра, газы перемещают поршень и движение его передается через кривошипно-шатунный механизм коленчатому валу. Для получения большей мощности и равномерного вращения вала двигатели делаются многоцилиндровыми. Мощ­ность судовых дизелей бывает самой различной: от нескольких десятков лошадиных сил — на небольших катерах до 30—40 тыс. л. с.— на крупнотоннажных судах.

Основные достоинства дизеля перед другими двигателями — наименьший расход топлива (150—180 г/л с.-ч) и сравнительно небольшое вспомогательное оборудование. За счет меньших запа­сов топлива и меньших размеров машинного отделения увеличива­ется полезная грузоподъемность судна. Однако при мощности свы­ше 10—20 тыс. л. с. установка становится громоздкой и не всегда выгоднее турбинной.

**Судовые паровые турбины** работают на ином принципе. Свежий пар подводится в направляющий аппарат (сопло), где расширяется и приобретает большую скорость. Из сопла струя па­ра направляется на рабочие лопатки турбинного диска, который жестко закреплен на валу. Передавая лопаткам свою энергию, пар заставляет диск, а вместе с ним и вал вращаться со скоростью нескольких тысяч оборотов в минуту. Направляющий аппарат и диск с лопатками называются ступенью турбины. Рассмотренная простейшая турбина является одноступенчатой.

Главные турбины делаются многоступенчатыми. Ступени обыч­но размещают в двух корпусах — турбине высокого дав­ления (ТВД) и турбине низкого давления (ТНД). Отработав последовательно во всех ступенях, пар выпускается из ТНД в кон­денсатор. Полученная пресная вода снова направляется в глав­ные котлы для образования пара. Мощность обеих турбин пере­дается на гребной винт через зубчатый редуктор, с которым тур­бины образуют единый главный турбозубчатый агрегат (ГТЗА). Для осуществления реверса в корпусе ТНД установлена турбина заднего хода (ТЗХ).

Паротурбинные установки уступают дизельным в экономично­сти (расход топлива 180—250 г/л. с.-ч.), но могут быть построены на большую мощность при сравнительно небольших габаритах. Благодаря равномерному вращению вала турбины отличаются ис­ключительно малым износом деталей.

Паровые турбины применяют в основном на крупных судах, где требуется мощность более 10—20 тыс. л. с, а также на судах с атомными реакторами. Мощность существующих ГТЗА достигает 70—80 тыс. л. с, причем на судне иногда устанавливают до четы­рех таких агрегатов.

**Судовые газовые турбины**. Воздух из атмо­сферы засасывается компрессором, сжимается и затем подается в камеру сгорания, куда одновременно впрыскивается топливо. Об­разующиеся при сгорании топлива газы поступают в турбину и приводят ее в движение. Турбина вращает компрессор и гребной винт.

Компрессор, камера сгорания и турбина собираются в единый агрегат. Для первоначального раскручивания турбины служит пусковой электродвигатель, питающийся током от вспомогатель­ного дизель-генератора. Реверс осуществляется обычно с помощью винта регулируемого шага.

Судовые ГТУ по экономичности близки к паровым турбинам, а по весу и габаритам — наиболее легкие и компактные из всех применяемых двигателей. Мощность судовых ГТУ достигает 30 тыс. л. с. в агрегате. На морских судах ГТУ стали применять сравнительно недавно, по мере накопления опыта эксплуатации и совершенствования конструкций они должны получить значи­тельное распространение.

**Судовые атомные установки**. Источником тепловой энергии в этих установках служит атомный реактор, в котором происходит деление ядер урана и других расщепляющихся материалов. Установка выполнена двухконтурной. В первом кон­туре теплоносителем служит обычная дистиллированная вода под высоким давлением, циркулирующая через

реактор. Теплота, вы­деленная в результате атомной реакции, непрерывно отводится этой водой в парогенераторы, где вырабатывается пар второго контура, используемый для работы четырех главных турбин мощ­ностью по 11 тыс. л. с.

Каждая турбина приводит в действие через редуктор два гене­ратора постоянного тока напряжением 600 В. Через главный рас­пределительный щит электроэнергия питает средний гребной элект­родвигатель мощностью 19,6 тыс. л. с. и два бортовых по 9,8 тыс. л. с. Для защиты экипажа от вредных излучений реакторы и все агрегаты первого контура окружены надежной биологической за­щитой из слоя воды и стальных плит.

Основное преимущество судов с атомными установками — практически неограниченная дальность плавания без пополнения запасов топлива. Суточный расход ядерного горючего не превы­шает нескольких десятков граммов, а смену тепловыделяющих элементов в реакторах можно производить один раз в два-три года.

**Судовым движителем**называется специальное устройство для пре­образования работы главного двигателя или другого источника энер­гии в полезную тягу, которая обеспечивает поступательное движение судна.

К судовым движителям относят гребные винты, гребные колеса, водометные и крыльчатые движители.

*Гребной винт* представляет собой гидравлический механизм, лопа­сти которого захватывают забортную воду и сообщают ей дополнитель­ную скорость в направлении, противоположном движению судна. При этом гидродинамические силы, возникающие на лопастях, создают осе­вую равнодействующую силу, называемую упором движителя. Упор движителя передается корпусу судна через жестко связанный с ним упорный подшипник.

Основными характеристиками винта являются:

диаметр — диаметр окружности, описываемой наиболее уда­ленными от оси точками лопастей; у крупных судов диаметр вин­тов может достигать 8—10 м;

шаг — расстояние, которое прошел бы винт за один оборот в плотной среде, при отсутствии скольжения. По величине шаг вин­та близок его диаметру;

частота вращения — число оборотов в минуту на расчетном режиме, при котором винт имеет наибольший к. п. д.; у крупных и средних судов — 100—200 об/мин, у небольших — 500 об/мин и более.

По направлению вращения различают винты правого и левого вращения. Винт правого вращения при переднем ходе вращает­ся по часовой стрелке (если смотреть с кормы в нос). У такого винта, если взгляд наблюдателя направлен перпендикулярно дис­ку винта, правые кромки верхних лопастей расположены дальше, чем левые. У винта левого вращения — наоборот.

Одновинтовые суда чаще имеют винт правого вращения. Двух­винтовые суда для лучшей управляемости оборудуются винтами разного вращения.

По конструкции гребные винты делятся на винты фиксирован­ного и регулируемого шага.

*Винты фиксированного шага* (ВФШ) — это обычные винты с неизменяемым шагом. Они бывают цельнолитыми или со съемны­ми лопастями. Цельнолитые винты проще в изготовлении, имеют более высокий к. п. д., а потому и самые распространенные. Вин­ты со съемными лопастями применяют главным образом у судов ледового плавания, у которых возможны более частые поломки лопастей. Ступицы и лопасти таких винтов делают стальными.

*Винты регулируемого шага* (ВРШ) в отличие от ВФШ имеют полую ступицу увеличенного диаметра; в ней размещен механизм, с помощью которого можно поворачивать лопасти вокруг их вер­тикальной оси и тем самым изменять шаг винта. Управляют ме­ханизмом поворота лопастей с мостика посредством привода, рас­положенного в валопроводе.

Конструкция ВРШ позволяет, не изменяя направление и час­тоту вращения винта, осуществлять реверс (задний ход), удержи­вать судно на месте, устанавливать наиболее выгодный шаг винта для разных режимов работы судна. Все это делает судно более маневренным, значительно снижает расход топлива на перемен­ных режимах. Важным достоинством является и то, что ВРШ позволяет применить на судне нереверсивный главный двигатель.

Поэтому, несмотря на сложность конструкции, ВРШ широко используются на промысловых судах, буксирах, паромах, а в по­следние годы —и на крупных транспортных судах. На новых тан­керах типа «Крым» установлен ВРШ диаметром 7,5 м.

Если скорость набегающего на винт потока *vр* (рис. 5), а радиаль­ная скорость юг, то угол атаки данного элемента сечения лопасти л оп­ределяется углом между результирующей скоростью v1 и линией нулевой подъемной силы (ЛНПС). Подъемная сила и сила лобового со­противления сводятся к результирующей силе Yв. Одна из ее проекций дает силу полезного упора винта *РВ,* а вторая — силу сопротивления вращению *RBP.* Момент силы *RBP* относительно оси гребного винта пре­одолевается главным двигателем судна.

Гребные винты имеют относительно малую массу, небольшие разме­ры, надежны в эксплуатации, недороги в изготовлении и позволяют ис­пользовать большинство малооборотных главных двигателей без редукторных передач; их КПД достигает 70 %.

Рис. 5. Схема действия гребного винта

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Г. Смирнов «Теория и устройство судна», М., 1992.
2. А.А. Антонов «Устройство морского судна», М., 1974
3. А.Д. Дидык и др. «Управление судном и его техническая эксплуатация», М., 1990.
4. Г.Г. Ермолаева «Справочник капитана дальнего плавания», М., 1988.