

М.Ю. Чурин
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И УЧЕТА ДИФФЕРЕНТА НА НОС НА СУДАХ «РЕКА–МОРЕ» ПЛАВАНИЯ

В статье кратко изложены возможные случаи эксплуатации судна с дифферентом на нос. Ставится вопрос о необходимости исследования маневренных характеристик судна имеющего дифферент на нос.

В процессе эксплуатации судна его качества не остаются постоянными, так как зависят от технического состояния судна. Следует отметить, что за последнее время сформировался подход к оценке судна как к системе с переменным составом. Одной из переменных, которая меняется в процессе эксплуатации судна и существенно влияет на качества судна, является его осадка. Это, в первую очередь, относится к транспортным судам, у которых осадка меняется в значительных пределах в зависимости от количества принятого на борт груза. Кроме этого от распределения груза по длине и ширине судна зависит его посадка (то есть имеет судно крен или дифферент). Такой дифферент принято называть статическим дифферентом.

В практике судовождения принято считать, что для большинства судов, включая суда смешанного «река–море» плавания, наиболее оптимальным вариантом является посадка судна с небольшим дифферентом на корму. При небольшом дифференте на корму повышается эффективность действия движителей и у большинства судов увеличивается скорость хода [1]. Однако дальнейшее увеличение дифферента приводит к уменьшению скорости. В некоторых случаях дифферент на корму создают специально при буксировках, при плавании во льдах, для уменьшения возможности повреждения винтов и рулей, для повышения устойчивости при движении по направлению волн и ветра и в других случаях.

Однако на практике не во всех случаях и не всегда судно в процессе эксплуатации имеет оптимальный дифферент. Причины этому самые разнообразные. Причем особый интерес вызывают случаи, когда судно в процессе эксплуатации следует с дифферентом на нос.

Большие значения полученного крена и дифферента, причем как на корму, так и на нос, как правило, связаны с нештатными ситуациями. К нештатным ситуациям, в этом случае, можно отнести аварийное состояние судна и его посадку после повреждения корпуса судна, связанное с поступлением воды внутрь корпуса. К чрезвычайным ситуациям относится и преднамеренное затопление трюма. В ряде случаев при возгорании находящегося в трюмах судна груза, к примеру, хлопок, затопление трюма может быть единственным выходом из сложившейся опасной ситуации. Преднамеренное затопление трюма необходимо рассматривать как крайние меры по борьбе с пожаром, когда другие действия не могут дать положительных результатов. К нештатным ситуациям относится также обледенение судна. В первом случае полученный судном дифферент зависит от места повреждения (в носовой или кормовой оконечности судна), во втором – от расположения затопленного трюма. Обледенение, как правило, сопровождается приращением носовой осадки судна. Судно может получить статический дифферент на нос и крен при работе в условиях обледенения. Обледенение судна – опасное гидрометеорологическое явление, которое обычно возникает в штормовую погоду при низких температурах воздуха. Известны случаи, как пример, когда за короткий период плавания в штормовых условиях Балтийского моря суда смешанного «река–море» плавания получали дифферент на нос и приходили в порт, имея на борту, в первую очередь в носовой части, до 150 тонн льда. Ситуация усложнялась, когда судно следовало в грузу. Но не исключается ситуация, когда интенсивность обледенения превышает возможности экипажа по удалению льда. Вероятность

указанной ситуации в настоящее время значительно возросла, так как она напрямую связана с современными тенденциями уменьшения численности экипажей. Для уменьшения дифферента на нос перераспределение водного балласта допускается. Это возможно, когда судно следует в балласте.

В действующих ныне документах кривые элементов теоретического чертежа соответствуют положению судна на ровный киль. При возникновении дифферента, как на корму, так и на нос изменяется форма погруженной части корпуса судна и как следствие меняется положение центра величины. Изменение положения центра величины влечет за собой изменение значений z_c (аппликата центра величины), r (начальный метацентрический радиус), z_m (аппликата метацентра) [2]. При значительном дифференте погрешности, особенно при малой остойчивости, могут оказаться существенными. Метацентрическая высота, определяемая с учетом дифферента Ψ , может быть вычислена по формуле:

$$h_{\Psi} = r_{\Psi} - \frac{z_g - z_{c_{\Psi}}}{\cos \Psi} \approx r_{\Psi} + z_{c_{\Psi}} - z_g. \quad (1)$$

В формулу входят две величины, которые изменились от появления дифферента: метацентрический радиус с учетом дифферента r_{Ψ} и возвышение (аппликата) центра величины с учетом дифферента $z_{c_{\Psi}}$. Первую можно найти из выражения:

$$r_{\Psi} = \frac{I_{\chi_{\Psi}}}{\Delta}, \quad (2)$$

где $I_{\chi_{\Psi}}$ - момент инерции, соответствующей дифференту Ψ , m^4 .

Момент инерции может быть вычислен по формуле:

$$I_{\chi_{\Psi}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\delta L}{\cos \Psi} \sum y^3, \quad (3)$$

где δL – расстояние между расчетными равноотстоящими шпангоутами, м;
 y – отстояние расчетного шпангоута от диаметральной плоскости, м.

Для измерения y необходимо на теоретический чертеж судна нанести действующую ватерлинию. С помощью масштаба Бонжана, на который наносят действующую ватерлинию, снимают погруженные площади шпангоутов, после чего находят водоизмещение судна Δ :

$$\Delta = \frac{L}{\delta L} \sum A_i, \quad (4)$$

где A_i – площади погруженных частей шпангоутов, m^2 .

Все перечисленные вычисления достаточно трудоемки и требуют хороших навыков. По этой причине их выполнение на судне нецелесообразно. А.Р. Аксютин предлагает снабжать суда кривыми равного возвышения метацентра, предложенными А.А. Гундобиным (рис. 1).

По осадкам носом d_n и кормой d_k на графике находят определенную точку и снимают с кривых значения z_m , Δ и χ_c , соответствующие данному дифференту. Вычитая из z_m величину z_g , получают искомое значение h_0 при заданном дифференте. Целесообразность дополнения судовой документации таким графиком подтверждается результатами исследований, в ходе которых было установлено, что при обычных диф-

ферентах, встречающихся в повседневной практике эксплуатации, метацентрическая высота при дифференте на нос может, уменьшится до 11%, а при дифференте на корму возрастет до 24%. Параметры остойчивости при больших углах крена и дифферента в диапазоне, возможном при эксплуатации, могут меняться в пределах 9–27 % в зависимости от типа судна.

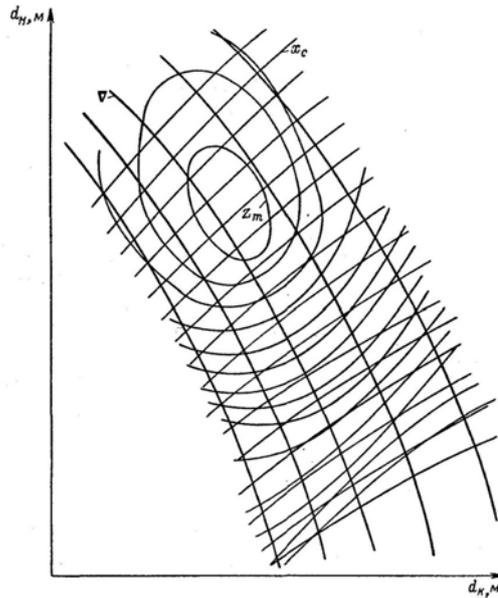


Рис. 1. Кривые равного возвышения метацентра

Необходимо отметить, что в документе Российского морского Регистра Судоходства «Правила классификации и постройки морских судов» содержатся дополнительные требования к остойчивости в случае обледенения судна. [3] В правилах обозначены сезонные зоны и соответствующие этим зонам нормы обледенения, в соответствии с которыми необходимо выполнять расчет остойчивости. Расчет остойчивости при обледенении должен производиться для наихудшего, в отношении остойчивости, расчетного варианта нагрузки. Масса льда при проверке остойчивости для случая обледенения засчитывается в перегруз и не включается в состав дедвейта судна. Правила Российского речного Регистра дополнительных требований к расчету остойчивости при обледенении не содержат.

В повседневной практике грузовое судно в процессе работы, основным назначением которого является перевозка грузов, постоянно связано с изменением осадки и дифферента. Причем помимо чисто технического подхода к определению наиболее оптимального дифферента, намеченного на окончание погрузки, приходится считаться с навигационными условиями предстоящего перехода, в первую очередь с глубинами на подходных каналах портов. Важную роль в этом вопросе играют и чисто коммерческие соображения: необходимость максимального использования грузоподъемности и грузовместимости судна. Важное значение имеет тот факт, что величина судовых сборов определяется в зависимости от максимальной осадки судна, а в некоторых портах за лоцманскую проводку за каждый фут дифферента может, взиматься дополнительная плата. Кроме этого, во время перехода судно расходует свои запасы (топливо, масло и воду), в результате чего в процессе перехода посадка судна постоянно меняется. Первоначальный дифферент будет уменьшаться, а если судно вышло с незначительным дифферентом на корму) то при длительном переходе может

даже получить дифферент на нос. При этом чем продолжительнее рейс, тем больше дифферент на нос.

На судах смешанного «река – море» плавания в некоторых случаях ситуация может складываться иначе. Само название этих судов определяет их специфические возможности работы, как в морских районах, так и на внутренних водных путях. Переходными районами этих условий являются устьевые участки рек, впадающие в моря, где суда смешанного «река-море» плавания зарекомендовали себя наиболее успешно. Условия работы флота в устьях рек, впадающих в моря, имеют свои особенности. Отличительной особенностью является то, что подходные каналы в этих районах, как правило, не обладают достаточными глубинами. Кроме этого наблюдается постоянное изменение уровней воды, в первую очередь, в зависимости от направления действующих ветров. В процессе эксплуатации судов смешанного «река-море» плавания в устьевых участках рек сложились вполне определенные подходы к организации коммерческой работы и, в частности, к планированию загрузки судов. С целью максимального использования грузоподъемности и грузоместимости суда грузятся с минимальным дифферентом на корму или на ровный киль. Такая загрузка на проходную осадку обеспечивает размещение на судне максимально возможного количества груза и сокращение времени на ожидание проходных глубин на лимитирующих участках подходных каналов, является оптимальной в этих условиях. На судах смешанного «река-море» плавания «Информация капитану об остойчивости и прочности сухогрузного судна» [4] в типовых вариантах загрузки судна предусмотрены варианты загрузки с минимальным дифферентом и практически на ровный киль (дифферент 2 см). К примеру судно смешанного плавания «Омский» из 36 вариантов загрузки, содержащихся в «информации капитану» содержит 6 вариантов загрузки на ровный киль и 5 вариантов с минимальным дифферентом на корму до 3 см [4] При этих вариантах загрузки требования к остойчивости и прочности выполняются полностью. После выхода в рейс посадка судна меняется. Во время движения судно получает дополнительно ходовой дифферент. Особенно это проявляется в стесненных условиях на мелководье. Однако следует учитывать, что суда в зависимости от конструктивных особенностей, размеров и формы корпуса могут приобретать ходовой дифферент, как на корму, так и на нос. Вопросами приращения осадки при движении судна по мелководью занимались многие отечественные и зарубежные исследователи (в том числе Г.Е. Павленко, В.В. Звонков, Г.И. Сухомел, А.Б. Карпов, П.Н. Шанчуров, Г.И. Ваганов, А.М. Полунин и др.) Причем одни расчеты позволяют определить приращение средней осадки при движении на мелководье, другие позволяют рассчитать приращения осадки раздельно для носа и кормы. Существующие методики расчета приобретенного ходового дифферента не всегда дают схожие результаты. Как пример, для речных судов и толкаемых составов по В.Г. Павленко [5] на ходу приращение осадки должно происходить по корме. Если тоже судно просчитать по методу Рёмиша [6] то расчеты покажут, что приращение осадки на нос будет больше, чем на корму. Суда смешанного плавания по форме корпуса все же ближе к речным судам, хотя и имеют свои отличия. В целом вопрос расчета просадки для судов смешанного плавания требует дополнительного анализа и проверки.

Кроме того, в отличие от морских судов, имеющих возможность корректировки дифферента путем перекачки оставшегося топлива и воды или приема балласта в кормовые дифферентующие танки, суда смешанного плавания такой возможности лишены в силу ряда причин:

- 1) при выполнении относительно коротких переходов и незначительных суточных расходов изменение кормовых осадок не значительное;
- 2) достаточно сложно технически обеспечить прием точного количества балласта, необходимого для дифферентовки;
- 3) конструктивные особенности переоборудованных судов (имеют всего 4 балластных танка на всю длину корпуса судна);

4) дополнительно к п. 3 на многих реконструированных судах ахтерпик переоборудован в танк питьевой воды;

5) прием балласта вызывает существенные трудности при расчете точного количества перевозимого груза из-за некачественного состояния расчетных таблиц по танкам, количество навалочного груза, как правило, определяется по осадке;

6) перекачка топлива и воды не всегда возможна, кроме того судовые запасы топлива и воды располагаются в районе надстройки.

Из вышеизложенного необходимо отметить, что в процессе эксплуатации судна абсолютно не исключается его посадка с дифферентом на нос. Если при значительных дифферентах в нештатной ситуации необходимо в первую очередь выполнить расчеты остойчивости судна с учетом имеющегося дифферента и убедиться, что судно остойчиво, при дифференте, не превышающем 2 градуса, возникающие ошибки от пренебрежения этими изменениями будут незначительными, и для практических целей ими можно пренебречь [2]. В обычных условиях работы за счет расходования судовых запасов даже при длительных переходах дифферент будет на порядок меньше, тем более им можно пренебречь. Но во всех перечисленных ситуациях судном нужно управлять. Аварийное судно, если позволяют обстоятельства, и в случае обледенения судна, а также в рабочей ситуации, когда судно имеет дифферент на нос, необходимо безопасно провести по всему маршруту, включая подходные фарватеры, а затем грамотно отшвартовать у причала. Это возможно только в том случае, если судоводитель будет точно знать, как изменились маневренные качества судна из-за приобретенного дифферента. Причем в нештатных ситуациях при больших значениях дифферента необходимо знать критические значения (максимально допустимые значения) дифферента, при котором судно в целом еще сохраняет свои маневренные характеристики. При превышении критического значения дифферента судно теряет свои даже измененные маневренные качества.

На основании вышеизложенного необходимо сделать вывод, что влияние дифферента на маневренные качества судов требует дополнительного исследования.

Список литературы:

- [1] Клементьев А.Н. Основы управления судном Уч. пос. для студентов очного и заочного обучения / Клементьев А.Н. – Н.Новгород ФБОУ ВПО «ВГАВТ» 2011. – 142 с.
- [2] Аксютин Л.Р. Борьба с авариями морских судов от потери остойчивости / Аксютин Л.Р. – Л.: Судостроение, 1986. – 160 с.
- [3] Правила классификации и постройки морских судов Том I: офиц. текст. – СПб.: Российский морской Регистр Судоходства, 2008. – 500 с.
- [4] Информация об остойчивости и прочности судна при перевозке навалочных грузов / 1743 ЛМПП -109. – Одесса: Marine Engineering Bureau, 1998. – 224 с.
- [5] Соларев Н.Ф. Управление судами и составами: учебник для вузов / Н.Ф. Соларев, В.И. Белоглазов, В.А. Тронин – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 296 с.
- [6] Справочник капитана дальнего плавания / Под ред. Г.Г. Ермолаева. – М.: Транспорт, 1988. – 211 с.