

Е.П. Роннов, В.М. Шмаков
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО НОРМИРОВАНИЮ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДОВ

В 1768 г. издается знаменитый «Атлас архитектуры корабля» известного в Европе шведского инженера-кораблестроителя и ученого Фредерика Чапмана (1721–1808 гг.). В своей книге Чапман составил подробный атлас конструкций боевых кораблей разных рангов и предложил «параболический» способ проектирования теоретического чертежа, где основные линии - шпангоуты и ватерлинии представляли из себя параболы, а также различные способы вычисления площадей сечений корабля, его водоизмещения, центра величины и метацентрического радиуса, указал влияние на остойчивость и качку корабля его ширины и метацентрической высоты, обуславливая величину последней не более 1,8 м для самых крупных линейных кораблей. При этом ограничение начальной метацентрической высоты представляет первую попытку нормирования остойчивости крупных боевых кораблей. За этот капитальный труд, имеющий огромную практическую ценность для проектирования судов, Чапман был избран членом Стокгольмской академии наук.

Основоположником теории остойчивости следует считать Э. Рида, четко указавшего еще в конце прошлого века на необходимость оценки остойчивости при больших углах крена с учетом неблагоприятного действия кренящих моментов. Хотя ни способа вычисления внешних усилий, ни численных критериев остойчивости Э. Рид не предложил, сама идея расчета, и нормирования элементов диаграммы остойчивости имела огромное значение для обеспечения безопасности плавания.

В 1884 г. по результатам трагической гибели в 1870 г. у м. Финистерре новейшего английского броненосца «Кептен», имевшего низкий надводный борт монитора и полное парусное вооружение корабля, главный конструктор ВМС Англии Эдвард Рид (1830–1906 гг.) публикует свой фундаментальный научный труд «Стабильность (стойчивость) кораблей», где представлена диаграмма остойчивости судна на больших углах крена, которая с тех пор носит название диаграммы Рида. В этой книге показано, что «Кэптен», построенный кораблестроителем Купером Кользом, при динамическом действии шквала опрокидывается уже при 12–13° крена, тогда как для броненосца Рида «Монарх» эта опасность начинается только с 23°.

Значение исследований Рида по остойчивости судов было огромно, ибо они уже в ближайшее время дали свои плоды, сохранив жизнь многим поколениям моряков во всем мире. Казалось бы, что проблема обеспечения остойчивости, сопутствующая развитию кораблестроения с самого его зарождения, наконец, может быть снята. Тем не менее, опрокидывание судов от потери остойчивости до сих пор является основной причиной их гибели, что требует от корабельной науки дальнейших усилий в этом направлении.

Важным шагом в рассматриваемой теории можно считать предложение Л. Бенямина нормировать не статическую, а динамическую остойчивость (1913 г.). Справедливо полагая, что наиболее опасным для судна является, как правило, динамическое действие внешних сил, Л. Бенямин указал минимальные значения плеч динамической остойчивости 0,05 и 0,2 м при углах крена, равных соответственно 30° и 60°. Однако непосредственная связь нормируемых параметров остойчивости с характеристиками действующих на судно внешних сил в предложении Л. Бенямина отсутствовала.

Такая связь появилась в исследованиях двадцатых годов нашего века, посвященных нормированию начальной остойчивости. В простейшей форме это выражалось в учете статического действия кренящего момента от давления ветра определенной си-

лы и сопротивления воды установившемуся боковому движению судна. Влияние волнения отражалось в этих исследованиях косвенным путем: рекомендовалось начальную метацентрическую высоту выбирать таким образом, чтобы избежать резонанса бортовой качки на волнах, характерных для предполагаемого района плавания.

Совокупность ряда наиболее часто встречающихся внешних факторов, влияющих на остойчивость судна в различных условиях плавания, в теории нормирования остойчивости впервые была рассмотрена С. Н. Благовещенским (1932 г.). Суммарный кренящий момент, способный вызвать опасный статический крен, представлялся в виде суперпозиции статически приложенных моментов от действия ветра, от установившейся циркуляции, от скопления пассажиров на одном борту и от несимметрии относительно диаметральной плоскости судна весовой нагрузки. Для каждого из этих моментов были предложены простейшие расчетные формулы. Кренящее действие волнения учитывалось, как и в предыдущих работах, лишь косвенно – путем ограничения суммарного угла крена, включая амплитуду качки, углом максимума диаграммы остойчивости. Не вызывает сомнения факт, что в реальных условиях плавания динамическое действие главного кренящего фактора – ветровой нагрузки, как правило, гораздо опаснее, чем статическое. Поэтому следующим значительным шагом в развитии теории нормирования остойчивости следует считать предложение Л.М. Ногиды (1934 г.) производить оценку остойчивости по предельному, динамически приложенному давлению ветра, которое было выдвинуто в связи с нормированием остойчивости рыболовных траулеров. Действие других кренящих моментов Л. М. Ногид учитывает лишь косвенно, указывая некоторые дополнительные ограничения параметров диаграммы статической остойчивости. Динамическая остойчивость судна при воздействии ряда внешних усилий была рассмотрена в 1953 г. Е. Пьеротте. С этой целью предлагалось рассчитать суммарную работу кренящих моментов от давления ветра, от установившейся циркуляции, от скопления пассажиров на одном борту и от действия резонансных волн по рекомендованным Е. Пьеротте элементарным формулам. В задачах нормирования остойчивости это была первая попытка учесть кренящее действие волнения расчетным путем. Существенный вклад в теорию и практику нормирования остойчивости внес в предвоенные годы Я. Рахола. Он предложил при оценке остойчивости сопоставлять работу восстанавливающего момента с работой расчетного кренящего момента от перемещения пассажиров и с суммарной работой кренящих моментов от давления ветра и от установившейся циркуляции.

Как видно, до второй мировой войны теория нормирования остойчивости развивалась в трудах отдельных исследователей. Официальных норм остойчивости морских судов не существовало; на практике применялись лишь частные, не всегда согласующиеся между собой рекомендации. Такое положение в значительной степени объяснялось тем, что и в океанографии, и в теории мореходности еще отсутствовали достаточно надежные методы описания и расчета волнения, гидродинамических сил и обусловленного ими неустановившегося движения судна – важнейшие составные части теории нормирования остойчивости.

В послевоенные годы в ряде стран, и прежде всего в Советском Союзе, началась интенсивная работа по установлению государственных стандартов остойчивости. В этих работах принимали участие целые организации, а теоретико-экспериментальным изучением вопросов нормирования остойчивости стали заниматься коллективы научно-исследовательских институтов. В СССР основная работа по созданию норм остойчивости гражданских морских судов выполнялась сектором мореходных качеств судов ЦНИИ морского флота; ряд важных исследований в области нормирования остойчивости был проведен в ЦНИИ имени акад. А.Н. Крылова, ЦАГИ имени Н.Е. Жуковского, Ленинградском кораблестроительном институте, Калининградском техническом институте рыбной промышленности и хозяйства, Одесском высшем инженерном мореходном училище, Ленинградском институте водного транспорта.

По результатам этих исследований и обобщения опыта эксплуатации судов, прежде всего данных аварийной статистики, Морским Регистром СССР в 1948 г. были выпущены первые в истории гражданского судоходства официальные нормы остойчивости морских судов, которые после существенной переработки были вновь изданы в 1959 г., а затем по мере усовершенствования еще дважды, в 1963 и 1967 гг., переиздавались.

Несколько позже официальные нормы остойчивости появились и за границей – в США (1952 г.), в ГДР (1953 г.), в ПНР (1957 г.), в Японии (1958 г.), в Югославии (1958 г.), в Китае, во Франции; в ряде стран, где отсутствуют санкционированные правительством нормы, широко используются численные критерии для разных классов судов, заимствованные из зарубежных правил или предложенные отдельными специалистами. Таким образом, идея нормирования остойчивости получила международное признание.

Это привело к тому, что на Конференции по охране человеческой жизни на море (1960 г.), где советская делегация выступила с предложением создать международные нормы остойчивости, было принято решение образовать специальную рабочую группу при соответствующем Подкомитете ИМКО (Межправительственной Морской Консультативной Организации), которая внимательно проанализировала бы вопрос и рекомендовала приемлемые для всех стран – участниц ИМКО критерии остойчивости неповрежденных судов. Эти критерии регламентировали начальную остойчивость и характерные параметры статической и динамической остойчивости на больших углах крена, расчет которых должен проводиться по унифицированным правилам. Кроме того, принято специальное решение о продолжении изысканий в области остойчивости судов на волнении с целью перехода в дальнейшем от упрощенных к физически более обоснованным критериям.

Одновременно с подготовкой стандартов остойчивости для ИМКО велась другая работа по международным правилам – согласованным правилам постройки и классификации судов стран – участниц Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ). Нормы остойчивости вошли в них составной частью и разрабатывались на базе действующих Норм остойчивости морских судов Регистра СССР сектором мореходных качеств судов ЦНИИМФ. В процессе согласования требований к остойчивости с органами технического надзора и классификации Польши, ГДР и Болгарии нормы были в значительной степени усовершенствованы и откорректированы.

Успехи в создании национальных и особенно международных стандартов остойчивости во многом связаны с укреплением теоретической базы нормирования остойчивости. За послевоенные годы был получен ряд принципиально новых результатов по вопросам океанографии, гидродинамики и теории корабля, имеющим непосредственное отношение к оценке остойчивости судов в опасных условиях плавания. В числе наиболее важных из них следует назвать: разработку эффективных статистических и спектральных методов описания реального морского волнения, создание гидродинамической теории качки и методов расчета ее гидродинамических параметров, развитие нелинейной теории колебаний и методов расчета качки большой амплитуды, создание теории и методов расчета качки судов на нерегулярном волнении, развитие теории динамической остойчивости судна в условиях ветра и волнения, оценку влияния жидких грузов в цистернах на остойчивость и качку судов, исследование изменения остойчивости на попутных курсовых углах к волнению, изучение и разработку методов расчета крена буксирного судна при действии рывка буксирного троса. Большую роль в решении перечисленных задач сыграли труды советских ученых: С.Н. Благовещенского, Г.А. Фирсова, К.К. Федяевского, В.В. Семенова-Тян-Шанского, М.Д. Хаскинда, А.М. Васина, В.М. Лаврентьева, Н.Н. Моисеева, Н.Я. Мальцева, Ю.М. Крылова, А.И. Вознесенского, В.М. Быкова, Г.М. Хорошанского, И.К. Бородая, Н.Н. Рахманина, Г.К. Авдеева, В.Н. Анфимова, А.З. Салькаева, В.Г. Сизова, Н.Ф. Воеводина, Н.Б. Севастьянова, Ю.И. Нечаева.

Зарубежных ученых: Неймана, Пирсона, Лонге-Хиггинса, Дениса, Вайнблума, Венделя, Грима, Ватанабэ, Като, Бауманна, Арндта, Тасаи – и ряда других исследователей.

Луговский В.В. последовательно проанализировал основные вопросы теории нормирования остойчивости и ее результатов, полученных главным образом за последние годы и предложил два принципиально разных подхода к нормированию остойчивости морских судов. Первый из них основан на анализе и обобщении эмпирико-статистического материала по эксплуатации судов и, прежде всего, данных аварийной статистики. Второй базируется на построении упрощенной механической модели, которая учитывала бы важнейшие физические факторы, влияющие на остойчивость в опасных условиях плавания.

Вначале процесс нормирования остойчивости шел исключительно первым путем. Хорошо известные критерии А. Денни, Л. Бенямина и ряд других предложений базировались на эмпирико-статистическом материале об остойчивости судов, успешно эксплуатируемых, и судов, потерпевших аварию из-за недостатка остойчивости. Наиболее совершенная форма критериев такого рода дана Я. Рахола. Она широко применяется и в настоящее время и была использована при установлении международных стандартов остойчивости.

Я. Рахола подробно проанализировал обстоятельства аварий многих судов, опрокинувшихся за период с 1870 по 1939 г., и отобрал 14 наиболее характерных случаев, когда были хорошо известны как обстоятельства аварии, так и диаграммы остойчивости погибших судов. Эти случаи сравнивались со случаями безаварийной эксплуатации судов с известными параметрами остойчивости. В качестве сопоставляемых параметров диаграммы были приняты угол максимума, угол заката и плечи статической остойчивости при углах крена, равных 20, 30 и 40°.

Однако критерии статической остойчивости далеко не всегда являются определяющими. Справедливо отмечая, что в штормовых условиях плавания основную роль в вопросах безопасности играет динамическая остойчивость судна, Я. Рахола нормирует минимальное плечо динамической остойчивости при характерном угле крена, который он назвал предельным.

Если минимальную диаграмму остойчивости проинтегрировать от нулевого до предельного угла крена, то можно найти минимально допустимое плечо динамической остойчивости при предельном угле крена. Я. Рахола рекомендует принимать его равным 0,08 м.

Несмотря на удобство применения и простоту окончательных результатов, рассмотренный подход к установлению норм остойчивости обладает существенными недостатками. Эти недостатки могут быть подразделены на принципиальные, влияющие на процесс нормирования остойчивости в целом, и практического характера, которые связаны с вопросами проектирования и эксплуатации конкретных типов судов.

Принципиальный недостаток чисто эмпирического подхода к нормированию остойчивости заключается, прежде всего, в том, что физические причины, обуславливающие опасную для судна ситуацию, остаются, по существу, вне поля зрения. Действия ветра, волнения и других кренящих факторов не разделяются, в известной степени нивелируются, и рассматривается только конечный, интегральный результат, – выдержало ли судно в процессе эксплуатации совокупное воздействие кренящих факторов или опрокинулось. Но без такого выделения и детального изучения природы каждого кренящего момента невозможно качественно совершенствовать критерии безопасности, методы расчета мореходности и оценивать поведение различных судов в разных опасных ситуациях.

В результате прогресс в нормировании остойчивости оказывается оторванным от общего прогресса гидромеханики и теории корабля и всецело обусловлен сбором статистических данных по аварийности флота.

На практике использование чисто эмпирических стандартов остойчивости может привести к тому, что судно будет проектироваться и эксплуатироваться без учета ряда случайных факторов, характерных для его типа, района и времени года. В результате можно прийти как к недооценке, так и к переоценке способности судна противостоять некоторым кренящим факторам, наиболее важным именно для этого судна и определенного района его плавания. Установление норм остойчивости, базирующийся на вероятностном подходе оценки остойчивости судна является более перспективным. Для непосредственного учета действующих на судно кренящих моментов необходимо установить соответствующие законы распределения влияющих факторов. Можно представить себе такую ситуацию, когда на судно будет одновременно действовать совокупность наиболее характерных кренящих факторов (ветер, волны, циркуляция), и считать остойчивость судна достаточной, если оно способно, не опрокидываясь, выдержать это суммарное воздействие.

С.В. Студнев, Е.Г. Бурмистров
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ В СУДОРЕМОНТЕ И ПРИ РАЗДЕЛКЕ СУДОВ НА ЛОМ

В настоящий момент на учёте Российского Речного регистра находится 22,5 тыс. судов. Сюда входят все наливные, сухогрузные и пассажирские суда, суда смешанного, река-море, плавания. Большое количество данных судов морально, либо физически устарело. Этот факт приводит к тому, что ежегодно судовладельцам необходимо вкладывать денежные средства для ремонта и подготовки судна к периоду навигации. Зачастую вкладываемые денежные ресурсы не окупаются, что приводит к необходимости утилизировать судно.

Выборочный анализ среднего возраста эксплуатирующихся сегодня судов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Анализ среднего возраста судов смешанного плавания [1]

Тип судна	Класс судна		
	М-СП количество/средний возраст	М-ПР количество/средний возраст	О-ПР количество/средний возраст
самоходные			
Пассажирские	-	8/31,02	2/29,94
Сухогрузные	77/29,36	75/31,32	118/38,30
Наливные	87/29,46	82/33,75	26/32,00
Буксирные	41/24,67	75/29,57	51/33,04
несамоходные			
Сухогрузные	72/23,37	42/22,93	21/27,58
Наливные	22/12,17	27/13,77	14/26,18
Всех судов	369/25,12	372/28,82	312/31,48