

# Автоматизированный контроль фактической остойчивости судов при плавании в ледовых и штормовых условиях



**С. В. Алексеев,**  
начальник НИО  
(главный конструктор  
ОКР) Крыловского  
государственного научного  
центра (КГНЦ)



**А. А. Поляшов,**  
начальник сектора создания  
экспериментальной  
техники КГНЦ

Одна из причин аварийности рыбопромысловых и некоторых других водоизмещающих судов – недостаточный контроль их фактической остойчивости во время эксплуатации. При неконтролируемом приеме груза и при его неизвестном (с заданной точностью) распределении даже незначительное смещение центра тяжести судна выше критического значения приведет к резкому опрокидыванию судна и к гибели экипажа. Разработана автоматизированная система контроля фактической остойчивости судна, которая успешно прошла испытания в натурных условиях.

Во время эксплуатации судов в море в сложной ледовой обстановке и в условиях шторма, при погрузке значительного улова на рыбопромысловые суда или при их обледенении экипажам сложно (или невозможно) достоверно определить достижение опасных значений параметров фактической остойчивости. При неконтролируемом приеме груза и при его неизвестном (с заданной точностью) распределении на судне возможна ситуация, когда положение центра тяжести судна окажется выше критического значения. В таком случае произойдут резкое опрокидывание судна, его гибель и гибель экипажа. Без соответствующих средств контроля фактической остойчивости судна

экипаж не может оценить опасность ситуации. Согласно данным мировой статистики, потеря остойчивости приводит к самым тяжелым авариям судов, зачастую — со смертельным исходом. В число последних случаев входит гибель траулера «Дальний Восток» в 2015 г., теплохода «Булгария» в 2011 г.

В [1] приведены различные методы и средства контроля параметров остойчивости судов. Рассмотрим основные из них.

## Расчетный метод

В основе способов расчетного контроля остойчивости судна в эксплуатации лежит конструкторская документация, составляющая «Информацию об остойчивости судна для капитана». Она служит для определения характеристик остойчивости в типовых и произвольных случаях загрузки судна согласно сведениям о массах и статических моментах составляющих дедевейта с учетом влияния свободных поверхностей жидких грузов. Расчетный способ контроля остойчивости в области значений параметров, близких к предельно допустимым, не гарантирует безопасности плавания, поэтому капитаны вынуждены идти на неоправданный риск или на обеспечение повышенного запаса остойчивости, что, как правило, вызывает излишнюю балластировку судна, недогруз и увеличение расхода топлива. На рыбопромысловых судах при приеме ими значительного улова в

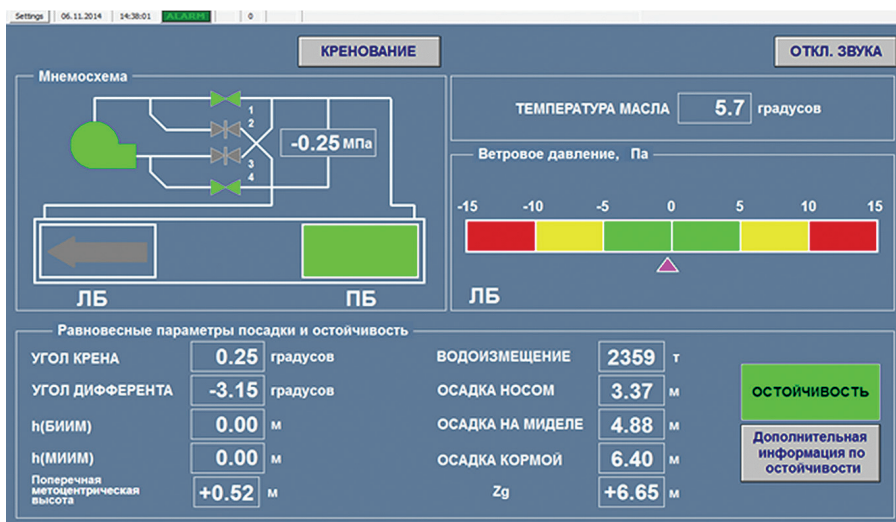


Рис. 1. Рабочее окно на мониторе операторской станции

море в северных широтах и в условиях обледенения расчет фактической остойчивости может давать приближенные результаты.

При автоматизации расчетов с использованием ЭВМ облегчается контроль остойчивости, сокращается время работы, снижается вероятность грубых ошибок в вычислениях, но точность контроля фактической остойчивости не повышается. Эту задачу можно решить в процессе перехода к диагностике фактических характеристик остойчивости с использованием инструментальных измерений.

### Инструментально-расчетные методы

#### Определение поперечной метацентрической высоты по периоду бортовой качки

Метод относится к числу приближенных, имеющих малую точность [2]. Ошибка может достигать 10–20 %. Однако этот простой способ широко распространен. Отметим, что метацентрическая высота определяется по периоду собственных бортовых колебаний судна на спокойной воде. В эксплуатационных условиях вызвать свободные колебания судна, особенно крупнотоннажного, на тихой воде достаточно сложно. Если волнение нерегулярное (при нормальной остойчивости), результаты измерений поперечной остойчивости могут быть приемлемыми только тогда, когда свободные поверхности жидкостей на судне имеют малую площадь. Ненадежные результаты получаются при  $h < 0,2$  м, хотя точность определения остойчивости в опасных и критических ситуациях наиболее важна.

#### Определение поперечной метацентрической высоты методом эксплуатационного кренования

При таком методе предполагается необходимость создания момента для накренения судна (как правило, используются калиброванные цистерны) на угол до  $3^\circ$ , при этом контролируются водоизмещение судна, приращение угла крена и кренящий момент. Необходимо учитывать и обеспечивать начальные условия: погоду (волнение, ветер, температуру, давление), метод накренения (использование кренбалластных цистерн, разворот тяжеловесных кранов), ослабление швартовых, прекращение грузовых операций, перемещение по судну членов экипажа.

Автоматизированные системы контроля остойчивости судов создаются в разных странах и все шире применяются на судах. Однако такие системы с большими массогабаритными характеристиками действуют недостаточно быстро и используются, как правило, в условиях тихой воды.

### Новая автоматизированная система контроля остойчивости судна

В Крыловском центре (в рамках ФЦП РГМТ выполнена ОКР с участием ряда соисполнителей, а также РМРС) были использованы новые подходы и современные возможности измерительной и вычислительной техники. Задача контроля фактической остойчивости водоизмещающих судов (включая рыбопромысловые), находящихся как на спокойной воде, так и в штормовых или ледовых условиях, была решена с учетом требований, необходимых для практического использования. Была разработана, изготовлена и испытана не только в стендовых, но и в натуральных условиях в Баренцевом море (на среднем рыбопромысловом судне водоизмещением около 2500 т) запатентованная автоматизированная система контроля фактической остойчивости судна (далее система) [3]. В основу системы положен инструментально-расчетный метод – метод эксплуатационного кренования судна. Калиброванный кренящий момент  $M_{кр}$  создается перемещением в трубе-цилиндре на известное расстояние (поперек судна) твердого поршня-груза (из материала с большим удельным весом) с использованием гидравлического привода. При этом  $M_{кр} = m \cdot g \cdot \delta b$ , где  $m \cdot g$  – вес груза,  $\delta b$  – расстояние между его центрами тяжести в крайних точках фиксации груза

у одного и другого борта (учитываются объем поршня-груза и удельный вес рабочей жидкости гидропривода).

В состав системы кроме поршня-груза и трубы-цилиндра входят следующие основные элементы: первичные преобразователи для измерения углов крена и дифферента, первичные преобразователи осадкомера, преобразователь ветрового давления, насосная станция, операторская станция (ОС) на базе ПЭВМ.

Операторская станция, которая в автоматическом режиме управляет насосной станцией, перемещающей в трубе-цилиндре указанный поршень-груз, содержит информацию о наружной поверхности корпуса судна. Она обрабатывает данные от первичных преобразователей: прихода поршня на левый или правый борт, углов крена и дифферента, давления осадкомера, ветрового давления. На монитор ОС выводится информация (рис. 1) о равновесных параметрах посадки (не только на спокойной воде, но и при качке в условиях нерегулярного волнения), весовом водоизмещении и параметрах остойчивости судна. Кроме того, ОС управляет внешней световой и звуковой сигнализацией, предупреждающей экипаж об опасном состоянии остойчивости судна, и информирует оператора системы об опасных и критических значениях параметров остойчивости с помощью трехцветной световой сигнализации.

Компактный моноблок трубы-цилиндра (с поршнем-грузом) и насосной станцией, размещенные на верхней палубе среднего рыбопромыслового судна, приведены на рис. 2.

Принцип действия созданной системы следующий. Перемещающая в трубе-цилиндре поршень-груз на фиксирован-



Рис. 2. Компактный моноблок трубы-цилиндра (с поршнем-грузом) и насосная станция на ней, размещенные на верхней палубе среднего рыбопромыслового судна: натурные испытания в зимнее (слева) и летнее (справа) время в Баренцевом море

ФОТО: А.А. ПОЛЯШОВ





ФОТО: А.А. ПОЛЯШОВ

Транспорт, оборудованный автоматизированной системой контроля устойчивости и прочности судна (АСКОП). Испытания в реальных условиях эксплуатации. (Кольский полуостров, декабрь 2014 г.)

ное расстояние, получаем калиброванный кренящий момент  $M_{кр}$ . Определяем объемное, а затем весовое водоизмещение  $D$  по равновесным параметрам посадки ( $\Theta_0$  – угол крена,  $\Psi_0$  – угол дифферента,  $T_0$  – осадка) и по данным о наружной поверхности корпуса судна. Определяем изменение угла крена  $\Delta\Theta$ , обусловленное указанным калиброванным кренящим моментом. При этом  $\Delta\Theta = (\Theta_{i+1} - \Theta_i)$ , где  $\Theta_i$  – равновесное значение угла крена (груз  $P_{гр}$  зафиксирован у одного борта),  $\Theta_{i+1}$  – последующее равновесное значение угла крена (груз  $P_{гр}$  перемещен и зафиксирован у другого борта).

Фактическая начальная поперечная метацентрическая высота  $h$  определяется по известной зависимости  $h = M_{кр} / D \cdot \sin\Delta\Theta$ .

В данной системе кренящий момент, который для каждого проекта судна в прямом положении определяется отдельно и является величиной

постоянной, должен обеспечивать изменение угла крена  $\Delta\Theta$  ориентировочно до  $1,5-3^\circ$  при минимально разрешенном для этого судна значении поперечной метацентрической высоты.

Такой подход создания кренящего момента дает возможность существенно повысить точность измерения и определения параметров устойчивости, прежде всего, в отношении опасных и критических значений, уменьшить массогабаритные характеристики системы кренования судна и увеличить ее быстрейшее действие.

### Результаты испытаний

Автоматизированная система контроля устойчивости тестировалась в натуральных условиях на среднем рыбопромысловом судне как на спокойной воде, так в штормовых условиях. Испытания проходили в зимний период, когда температура наружного воздуха

опускалась до  $-16^\circ\text{C}$ , и в летний период, когда она поднималась до  $+25^\circ\text{C}$ .

Для проверки работоспособности системы при изменении нагрузки судна и соответственно его устойчивости использовались расположенные на верхней палубе четыре цистерны, заполняемые забортной водой в разных комбинациях или осушаемые сливом воды из них за борт. Тем самым имитировался прием груза (например, рыбы) в открытом море или обледенение судна. Объемы цистерн и положение их центров тяжести в системе координат судна были известны.

Следует отметить, что система выдает равновесные параметры посадки судна ( $\Theta_0$  – угол крена,  $\Psi_0$  – угол дифферента,  $T_0$  – осадка на миделе, в носу и в корме), весовое водоизмещение судна как в условиях волнения, так и на спокойной воде независимо от того, работает она в режиме эксплуатационного кренования или без него. Соответственно, при эксплуатационном креновании система определяет еще и параметры устойчивости.

### Выводы

Таким образом, результаты испытаний подтвердили работоспособность системы и приемлемую для эксплуатации точность измерения и определения параметров устойчивости, прежде всего, в отношении опасных и критических значений.

Представляется целесообразным после одобрения рассматриваемой системы РМРС ее внедрение на проектируемые суда. Для строящихся и эксплуатирующихся судов следует учитывать привязку к конкретному проекту (судну) и необходимость проработки размещения на них системы, в первую очередь, на рыбопромысловых. Кроме того, целесообразно подготовить и согласовать в установленном порядке рекомендации по обеспечению качества эксплуатационного кренования. **■**

### Литература

1. Худин В. П., Салов В. Е. Способы контроля устойчивости судна и повышения качества ее оценки в эксплуатации // Морской вестн. 2006. № 2.
2. Аксютин Л. Р. Контроль устойчивости морского судна. М.: Транспорт, 1974.
3. Пат. РФ № 2522671. Автоматизированная система кренования судна / С. В. Алексеев. Зарегистр. в Гос. реестре изобретений РФ 21 мая 2014 г.