

## ИЗБЫТОЧНОСТЬ ПО УПРАВЛЕНИЮ КАК КОЛИЧЕСТВЕННАЯ МЕРА МАНЕВРЕННОСТИ СУДНА

*Зинченко С.Н., Носов П.С., Маменко П.П., Грошева О.А., Матейчук В.Н.*  
*Херсонская государственная морская академия*  
*(Украина)*

**Вступление.** Суда различного назначения и условий эксплуатации классифицируются по следующим основным признакам: по средству движения (самоходные и несамоходные); по способу движения (плавающие над водой, на поверхности воды или под водой); по состоянию корпуса (с жестким, эластичным, надувным корпусом); по основному материалу корпуса (стальные, из легких металлических сплавов, пластмассовые, деревянные, железобетонные, из эластичных материалов (нейлон) и композитные); по району плавания (морские, рейдовые и прибрежного плавания, внутреннего и смешанного плавания); по роду главной силовой установки, приводящей судно в движение (пароходы, теплоходы; электро-турбо-дизелеходы, газоходы); по типу движителя (винтовые, с крыльчатым движителем, водометные, с гребными колесами, парусные; весельные и т. п.); по специальному назначению (гражданские суда и корабли ВМС) [1].

В приведенном перечне отсутствует один из важных признаков классификации по избыточности управления, который обсуждается в настоящей статье.

**Актуальность исследования.** В работах [2-4] приведены различные средства активного управления (САУ), используемые на судах для повышения их маневренных возможностей. Однако, в этих и других работах маневренные возможности оценивались качественно. Известный ученый Д.И. Менделеев в своей работе «Основы метрологии» писал, что наука начинается там, где начинаются измерения. Поэтому, введение численного критерия оценки и оценка маневренных возможностей судов по данному критерию является актуальной научно – технической задачей.

**Основная часть.** В настоящей статье, в качестве такого критерия, использована степень избыточности по управлению – разница между количеством имеющихся управлений и количеством степеней свободы, подлежащих управлению. Данный критерий можно использовать для оценки маневренных возможностей судна а также способности адаптации управления. Степень избыточности по управлению определяется по следующей формуле  $IU=NU-NS$ , где  $NU$  - количество управлений,  $NS$  - количество степеней свободы, подлежащих управлению.

Судно имеет три степени свободы и, соответственно, три параметра, подлежащих управлению: продольное, боковое перемещение и угол рыскания. Количество управлений зависит от количества управляющих устройств (носового и кормового подруливающих устройств, азиподов, кормового руля, двигателей).

**Результаты исследований.** В таблице приведены данные по степени избыточности  $IU$ , полученные для различных типов судов. Первое значение  $IU$  определено для не маневренного режима, а второе значение  $IU$  определено для маневренного режима.

| Тип судна                   | Тип двигателя             | Тип движителя | Носовое ПУ | Кормовое ПУ | $IU$             |
|-----------------------------|---------------------------|---------------|------------|-------------|------------------|
| Bulk carrier 6 (Dis.44081t) | Малооб.дизель (1x8002кВт) | ВФШ           | Нет        | Нет         | -1=2-3<br>-1=2-3 |
| Crude Oil Tanker 4          | Малооб.дизель             | ВФШ           | Нет        | Нет         | -1=2-3           |

| Тип судна   | Тип двигателя                        | Тип движителя | Носовое ПУ | Кормовое ПУ | ПУ              |
|---|--------------------------------------|---------------|------------|-------------|-----------------|
|   | (1x13560кВт)                         |               |            |             | -1=2-3          |
| Car Carrier 2 (Dis.19587t)  | Малооб.дизель (1x11695кВт)           | ВФШ           | Есть       | Нет         | -1=2-3<br>0=3-3 |
| MSC container ship 1 (Dis. 32025t)  | Малооб.дизель (1x15890кВт)           | ВФШ           | Есть       | Нет         | -1=2-3<br>0=3-3 |
| Shuttle tanker 1 (Dis.160529t)  | Малооб.дизель (1x17400кВт)           | ВРШ           | Есть       | Нет         | -1=2-3<br>0=3-3 |
| Container ship 22 (Dis. 191000t)  | Малооб.дизель (1x71785кВт)           | ВФШ           | Есть       | Есть        | -1=2-3<br>1=4-3 |
| River-sea ship 3 "Sormovsky"  | Малооб.дизель (2x640кВт)             | ВФШ           | Есть       | Нет         | -1=2-3<br>1=4-3 |
| Ro-Ro passenger ferry 13  | Ср.об.дизель (2x4000кВт)             | ВРШ           | Есть       | Нет         | -1=2-3<br>1=4-3 |
| OSV 9 (Dis.5291t)   | Ср.об.дизель (2x6166кВт)             | ВРШ           | Есть       | Есть        | -1=2-3<br>2=5-3 |
| Passenger cruise ship 10<br>Common DP, Passenger<br>cruise ship 10  | Электромотор (2x17600 кВт)<br>Азипод | ВФШ           | Есть       | Есть        | 1=5-3<br>4=7-3  |
| Суда OSV 11, OSV 11<br>Common DP, OSV 11<br>Navis DP, OSV 11 AH,<br>OSV 11 AH Common DP,<br>OSV 11 AH Navis DP  | Ср.об.дизель (2x3500кВт)<br>Азипод   | ВФШ           | Есть       | Есть        | 2=5-3<br>4=7-3  |
| Semisubmersible 1<br>Semisubmersible 1AH,<br>Semisubmersible 1AH<br>Common,<br>Semisubmersible 1AH<br>Navis, Semisubmersible<br>1AH Common DP,<br>Semisubmersible 1AH<br>Navis DP | Выс.об.дизель (4x4100кВт)<br>Азипод  | ВФШ           | Нет        | Нет         | 6=9-3<br>6=9-3  |

**Выводы.** Как видно из приведенных результатов, часть судов имеет недостающее управление (  $PU=-1$  ). Это означает, что системы управления на таких судах не могут обеспечить одновременную отработку всех параметров управления (например, бокового смещения и угла рыскания). В этом случае необходимо организовывать двухконтурное управление (последовательная отработка одного параметра, потом другого). Управление такими судами не оптимально с точки зрения энергозатрат.

Суда со степенью избыточности по управлению  $PU=0$  обладают достаточным управлением. Системы управления таких судов позволяют оптимально управлять судном, в том числе и при наличии внешних возмущений, однако, не позволяют перераспределять управление внутри самой системы.

Суда со степенью избыточности по управлению  $PU > 0$  обладают избыточным управлением. Системы управления таких судов позволяют не только оптимально управлять судном, в том числе и при наличии внешних возмущений, но и перераспределять управления внутри самой системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация судов по общим основным признакам.  
<https://flot.com/publications/books/shelf/chainikov/3.htm>
2. Вагущенко, Л.Л. Системы автоматического управления движением судна /
3. Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал – Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.
4. Управление судном. Учеб. для вузов / С.И. Демин, Е.И. Жуков, Н.А.Кубачев и др.; Под ред. В.И.Снопкова. – М.: Транспорт. 1991 – 359 с.
5. Товстокорий О.М. Базові принципи маневрування судна. Навчальний посібник /О.М.Товстокорий. – Херсон: ХДМА, 2018. – 336 с.