

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВ С ВИНТОМ РЕГУЛИРУЕМОГО ШАГА

В соответствии с Приложением VI Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ) на каждом судне валовой вместимостью 400 и более с 1 января 2013 г. должен иметься индивидуальный План управления энергоэффективностью судна (ПУЭС), который может быть частью судовой системы управления безопасностью или системы экологического менеджмента ISO 14001 [1]. Этот план должен быть направлен на уменьшение загрязнения окружающей среды за счёт более рационального использования топлива на судах. Особенно это актуально, когда топливо оплачивает фрахтователь судна и судоходная компания не имеет стимулов по его экономии.

Требования к ПУЭС сформулированы в Резолюции МЕРС.213(63), которая принята 02.03.2012. В ней также рекомендованы меры топливосберегающей эксплуатации судов:

- оптимизация маршрута судна, в том числе с учётом рекомендаций Руководства по планированию рейса (резолюция ИМО А.893(21) от 25.11.1999);

- проводка судна наивыгоднейшими путями в зависимости от погоды;

- оптимизация скорости судна для обеспечения прихода "точно в срок" (можно достигнуть: своевременным уведомлением порта; выяснением времени постановки к причалу; организационными мерами в портах для уменьшения простоя; согласованием условий выбора скорости судна в договоре чартера; использованием замедленных программ нагружения главного двигателя и перевода двигателя в маневренный режим);

 - выбор оптимальных сроков докования;

 - выбор оптимального соотношения частоты вращения главного двигателя и шага гребного винта;

 - обеспечение оптимального дифферента судна при движении как в грузу, так и порожнём, а также надлежащее планирование количества балласта;

 - корректировка гребного винта и использование насадок;

 - использование современных авторулевых и их правильная настройка;

повышение эффективности двигателей за счёт присадок к топливу, применения новых видов топлива, корректировки подачи смазочного масла, мониторинга рабочих процессов;

утилизация уходящего тепла для производства электроэнергии, выработки пара, отопления судна, передачи энергии на гребной вал;

уменьшение балластных пробегов за счет организационных мер;

использование в ряде случаев берегового электропитания;

применение тепловой изоляции в энергетических установках;

компьютеризация технологических и административных процессов;

анализ возможности использования энергии ветра и солнечных элементов;

стимулирование сотрудников компании для улучшения приверженности делу повышения энергоэффективности судов.

Анализ действующих в судоходных компаниях ПУЭС показывает, что наиболее непонятой и/или неадекватно воспринятой оказалась рекомендация выбора на судах с винтами регулируемого шага (ВРШ) оптимального соотношения частоты вращения главного двигателя и шага гребного винта. В большинстве планов эта рекомендация изложена декларативно, а в ряде планов – ошибочно рекомендовано использовать на полном ходу судна режим "постоянных оборотов".

В связи с этим представляется актуальным рассмотреть проблему выбора оптимального соотношения частоты вращения главного двигателя и шага гребного винта на ходовых режимах судна.

В установках с ВРШ имеется возможность задавать необходимую скорость судна различными сочетаниями величин частоты вращения и шага винта. Многочисленные экспериментальные исследования на различных водоизмещающих судах показали, что во всех случаях на ходовых режимах наибольшая экономичность установок достигается при увеличении шага (в допускаемых пределах) и уменьшении частоты вращения гребного винта. Увеличение экономичности объясняется более интенсивным ростом КПД гребного винта при снижении его частоты вращения, чем соответствующее изменение КПД дизеля. Это означает, что на любых ходовых режимах следует стремиться к эксплуатации установок с шагом гребного винта на пределе максимально-допускаемой нагрузки дизеля, а скорость судна снижать за счёт уменьшения частоты вращения гребного вала.

Например, на судне "Бауска" автором статьи сравнивались два режима работы энергетической установки с мощностью дизеля 60 %:

а) частота вращения номинальная, а шаг гребного винта обеспечивает нагрузку величиной 60 %;

б) частота вращения вала равна 87 % номинального значения, а шаг гребного винта обеспечивает нагрузку явно ниже допускаемой – 69,3 %.

В варианте "б" экономичность пропульсивной установки оказалась на 5 ... 9 % выше.

В среднем уменьшение частоты вращения вала на каждые 5 % (при поддержании заданной скорости судна увеличением шага винта) даёт экономию топлива 2,0 ... 3,5 %.

Аналогичные данные приведены в работах [2 – 4] по результатам экспериментальных исследований на судах "Юлиус Фучик", "Белоруссия" и "Алтай".

Анализ комбинаторных диаграмм систем дистанционного автоматизированного управления (ДАУ) на различных судах [5, 6] показывает, что конструкторы используют довольно близкие зависимости, которые полностью учитывают вышеприведенные закономерности по влиянию частоты вращения и шага гребного винта на экономичность установок.

В качестве примера на рис. приведена комбинаторная диаграмма (в виде совокупности линий 1 и 2) системы ДАУ судна "Sofrana Kermadec" [5].

Линия 1 имеет характерные точки, приведенные в табл.

Таблица

Настройка функционального преобразователя платы FS3

Шаг винта	H/D	H_k , мм
Максимальный вперёд, допускаемый системой	0,87	+9
Соответствующий номинальной нагрузке ГД	0,78	0
Максимальный вперёд на манёврах	0,60	-17
Нулевого упора	0,037	-80
Максимальный назад на манёврах	-0,53	-145
Максимальный назад, допускаемый системой	-0,75	-167

При перемещении рукоятки управления мостика с деления 10 в сторону нулевого положения система управления пытается поддерживать максимальный шаг винта (на пределе, допускаемом ограничителем нагрузки) до деления 8. При этом частота вращения вала дизеля уменьшается до 91 %. Далее начинается плавное уменьшение шага при сохранении интенсивного уменьшения частоты вращения дизеля. Таким образом, если пользоваться комбинаторной диаграммой, то практически на всех ходовых режимах установка будет эксплуатироваться с максимальным шагом гребного винта, а снижение скорости хода судна будет достигаться за счёт уменьшения частоты вращения дизеля.

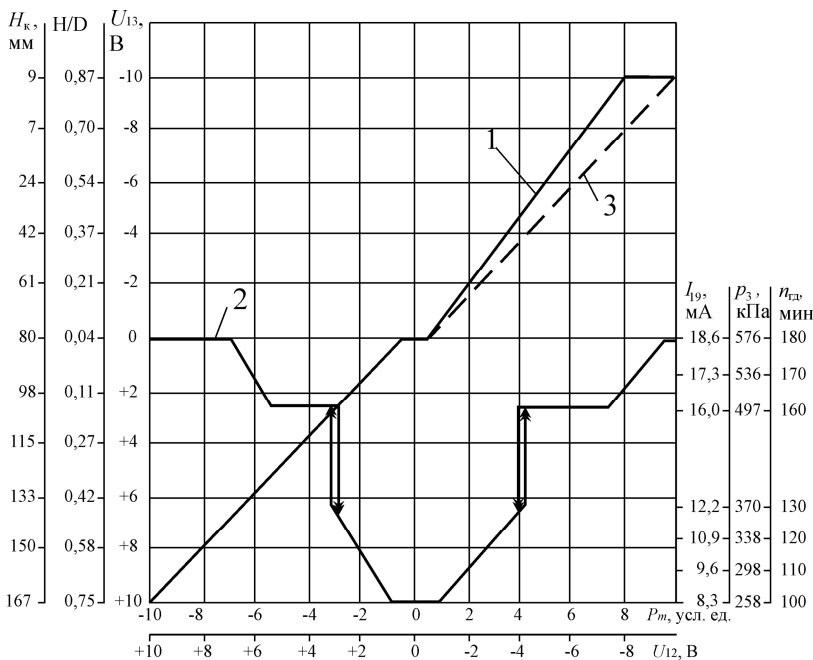


Рис. Комбинаторная диаграмма системы ДАУ судна "Sofrana Kermadec":
 1 – зависимость шага винта (также параметров, характеризующих шаг) от положения рукоятки управления мостика; 3 – то же, но от положения рукоятки управления в машинном отделении; 2 – зависимость частоты вращения ГД (также параметров, характеризующих частоту вращения ГД) от положения рукоятки управления мостика; H_k - положение вспомогательного сервомотора; H/D – отношение шага винта; U_{13} – напряжение в контрольной точке 13 платы FS3, которая вырабатывает сигнал задания шага; P_m – перемещение рукоятки управления мостика и машинного отделения по шкале с условными единицами хода от -10 до $+10$; U_{12} – напряжение в контрольной точке 12 платы FS3; I_{19} – сила тока между контрольной точкой 19 на плате FV8 и клеммой 87 колодки E; p_3 – пневматический сигнал задания частоты вращения, поступающий на регулятор частоты вращения; $n_{ГД}$ – частота вращения ГД

Однако практически на всех судах с ВРШ, в том числе и на судне "Sofrana Kermadec", в эксплуатации допускается ошибка в выборе режимов работы. Она заключается в том, что при наличии резерва времени на переходах судна и просто для эксплуатации ГД на менее напряжённых режимах, рукоятка управления мостика оставляется в положении 10 условных единиц ("полный вперёд"), а скорость судна снижается потенциометром ограничителя нагрузки на пульте в машинном отделении, ко-

торый устанавливаются в положение менее 100 %. В ряде случаев и операция ввода-вывода ГД в ходовой режим также осуществляется этим потенциометром вместо рукоятки управления на мостике. То есть судовой персонал фактически не пользуется комбинаторной диаграммой, которая предложена конструкторами для обеспечения минимального расхода топлива. Другими словами мощность дизеля на ходовых режимах снижается не за счёт уменьшения частоты вращения, а за счёт уменьшения шага винта, что противоречит условию оптимальности.

В связи с изложенным в ПУЭС рекомендуется включать мероприятие по запрещению несанкционированного дополнительного ограничения нагрузки ГД с помощью регулятора нагрузки в машинном отделении, если судно эксплуатируется на сниженных скоростях. Уменьшение скорости хода судна должно осуществляться исключительно рукояткой управления мостика без перенастройки ограничителя нагрузки ГД. Это может обеспечить существенную экономию топлива, если судно с ВРШ эксплуатируется на экономичных ходах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горб С. Новые правила энергоэффективности для судов. //Порты Украины. – 2013. - №1(123). – С. 34, 35.

2. Горб С.И., Верлатый Н.И., Лялькин А.С. Эксплуатация электронных регуляторов нагрузки главных двигателей. //Морской транспорт. Серия ТЭФ: экспресс-информация В/О "Мортехинформреклама". – 1986. – Вып. 20(640). – С. 7 – 17.

3. Фомин Ю.Я., Шестопалов В.И. Система управления среднеоборотными дизелями и винтом регулируемого шага и выбор рациональных режимов их эксплуатации. //Морской транспорт. Серия ТЭФ: экспресс-информация В/О "Мортехинформреклама". – 1979. – Вып. 19(455). – 41 с.

4. Силуков Г.Д., Скрипкин Ю.В. Повышение экономичности работы пропульсивной установки БМРТ типа "Алтай". //Труды КТИРПиХ. – 1982. – Вып. 97. – С. 9 –15.

5. Горб С.И. Анализ системы ДАУ "KaMeWa" судов типа "SOCOL". //Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2008. – Вып. 14. – Одесса: ОНМА. – С. 21 – 34.

6. Горб С.И., Лялькин А.С., Чертков Г.И., Верлатый Н.И. Опыт эксплуатации и настройки системы управления главными двигателями и винтами регулируемого шага КАМЕВА на судах типа "Юлиус Фучик". //Морской транспорт. Серия ТЭФ: экспресс-информация В/О "Мортехинформреклама". – 1985. – Вып. 3(599). – 34 с.