

УДК 621.436.13

К вопросу настройки малооборотного двигателя при применении на судне кайта

Авторы: Шостак В.П., Кисарова А.И., Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Одним из путей повышения эффективности судовой пропульсивной установки является минимизация расходов топлива за счет адаптации (настройки, tuning) малооборотного двигателя (МОД) к предстоящим условиям эксплуатации судна.

Параметры адаптации МОД, задаваемые проектантом судовой энергетической установки (СЭУ), зависят от будущих диапазонов нагрузки главного двигателя (ГД). Если диапазон нагрузок на ГД сравнительно неширок, то задача по настройке МОД решается, как правило, на основании опыта проектанта СЭУ и рекомендаций фирмы-разработчика. С появлением добавочной пропульсивной тяги за счет управляемого воздушного змея (кайта, kite) диапазон нагрузок на ГД существенно расширяется, и к настройке МОД следует подходить более взвешено.

Разработка и внедрение на транспортные суда кайта с компьютерным управлением в качестве дополнительного движителя осуществляется немецкой компанией SkySails, которая считает, что кайты можно применять на судах новых и старых построек [1]. Применение кайта при соответствующих гидрометеорологических условиях снижает нагрузку на ГД и тем самым увеличивает его срок службы. Уменьшается расход топлива на ГД – экономия может составлять порядка 10 % – 35 %, в зависимости от сложившихся условий. Кроме того, применение кайтов оказывает благотворное влияние на экологическую ситуацию в море – при уменьшении потребления топлива уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу.

Параметры рациональной настройки ГД могут быть рассчитаны на основании соответствующей математической модели, учитывающей условия эксплуатации в течение жизненного цикла судна (ЖЦС). В основе такой математической модели лежит взаимосвязь СЭУ с судном и с изменяющимися гидрометеорологическими условиями на рейсовой линии. Так как данные, определяющие эту взаимосвязь, имеют стохастический характер, то при реализации математической модели используется метод статистического моделирования (метод Монте-Карло).

В качестве критерия сравнительной эффективности вариативных параметров адаптации МОД принимается суммарный расход топлива на ГД за ЖЦС, поскольку в каждом рейсе
web-site: conference.nuos.edu.ua | email: conference@nuos.edu.ua; tel (+380512) 709444; 709105|

гидрометеорологическая обстановка, техническое состояние подводной части корпуса судна и его главной пропульсивной установки не являются однозначными и имеют вероятностную природу. Тогда расход топлива за ЖЦС определяется по интегральной зависимости, как функция от «мгновенной» нагрузки на ГД и удельного расхода топлива, который в свою очередь является функцией от нагрузки и от ряда других параметров (температуры окружающей среды и забортной воды, давления атмосферного воздуха и пр.), т.е.:

$$B_{\text{ЖЦС}} = \int_0^T N_{\text{ГД}}(t) b_{\text{сГД}}(N_{\text{ГД}}(t), P_1(t), P_2(t), \dots, P_k(t)) dt,$$

где $N_{\text{ГД}}(t)$ – «мгновенная» нагрузка на ГД, кВт; $b_{\text{сГД}}$ – удельный эффективный расход топлива на ГД, г/(кВт·ч); T – предел интегрирования по времени (продолжительность ЖЦС), час (день/месяц/год); P_1, P_2, P_k – функции параметров, зависящих от текущего времени t .

В реальных расчетах непрерывное представление движения судна заменяется дискретным суммированием переходов по участкам условно постоянной погоды.

Для определения взаимосвязей параметров системы «СЭУ – судно – окружающая среда (условия эксплуатации) – кайт» разработаны локальные математические модели для определения удельного расхода топлива ГД, тяговых свойств кайта, гидрометеофакторов, сопротивления движению судна (при разных скоростях хода, осадках, условиях плавания и состояниях гребного винта (ГВ) и корпуса судна), тяговых параметров ГВ (с учетом взаимодействия с кайтом), расчетной скорости хода судна (с учетом ее возможного снижения), имитации реального функционирования МОД в рамках ограничительных характеристик. Эти математические модели были апробированы и прошли верификацию на реальных данных.

Демонстрационные расчеты для разных вариантов настройки ГД 6S50ME-C фирмы MAN Diesel & Turbo (со спецификационными мощностью 9006 кВт и частотой вращения $124,7 \text{ мин}^{-1}$) суммарного расхода топлива на ГД за ЖЦС, приведенного к миле пройденного пути, осуществлялись для разных кайтов (площадью от 160 до 640 м²), применительно к среднетоннажному танкеру типа «Дмитрий Медведев» проекта 15965. Математическое ожидание расхода топлива на ГД за ЖЦС, приведенного к единице пройденного пути, $M(B_M)$ на рейсовой линии в Северной Атлантике (п. Брест (Brest) – п. Санта Мария Бау (Santa Maria Bau) – п. Ла-Гуайра (La Guaira) – п. Бостон (Boston) – п. Брест) и экономия топлива от применения кайта и оптимизации настройки МОД представлены в таблице.

Показатели	Площадь кайта, м ²			
	0 (без кайта)	160	320	640
Без оптимизации настройки МОД				
$M(V_M)$, кг/миля	73,48	67,42	64,00	58,09
Економія палива, %	0	8,25	12,90	20,95
С оптимизацией настройки МОД				
$M(V_M)$, кг/миля	72,81	66,06	62,30	56,30
Економія палива, %	0,91	10,10	15,22	23,38
Эффект от оптимизации настройки МОД				
Економія палива, %	0,91	1,85	2,32	2,43

Список литературы

1. Elsner, R. Simulating possible Savings of the SkySails-System on International Merchant Ship Fleets. [Text] / R. Elsner, M. Schlaak, R. Kreutzer: In: Journal of Marine Engineering and Technology, 2010.