

DOI.org/10.5281/zenodo.2578702

УДК [629.5.012+629.05.016.7/8]:629.561.5

А.А. Темникова

ТЕМНИКОВА АЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА – старший преподаватель кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники, e-mail: awe_12@mail.ru
Астраханский государственный технический университет
Татищева ул., 16, Астрахань, 414056

Анализ проектных решений пропульсивного комплекса ледоколов при исходных данных, заданных бесконечным множеством значений

Аннотация: Применяемые на практике методы выбора параметров пропульсивного комплекса оказывают большое влияние на итоговые эксплуатационные характеристики судна. Следовательно, результатом выбора должны стать оптимальные проектные решения. Существующие методы исходят из практического опыта в строительстве: используются характеристики судов-прототипов или предлагаются способы уменьшения области исходных данных (главных размерений) до одного или нескольких вариантов раньше, чем начинают рассчитываться параметры СЭУ. В результате при определении параметров (например, главных размерений) пропульсивного комплекса судна теряется вариабельность, что может привести к потере оптимального соотношения эксплуатационных характеристик. Но в случае, когда исходные данные не определены конкретными значениями, а представляют собой разброс значений, возникают сложности для расчетов – теоретических и с учетом экспериментальных данных. Поэтому, по нашему мнению, необходима новая методика анализа проектных решений пропульсивного комплекса для судна с исходными данными, выраженными не конечными значениями, а бесконечным их множеством. Представленная в данной работе авторская методика анализа множества комбинаций проектных решений позволяет выбрать необходимые параметры под заданные условия и не ограничивать анализ жесткими рамками (изменять переменные в зависимости от поставленной задачи).

Ключевые слова: пропульсивный комплекс, проектные решения, множество значений, неопределенность данных.

Введение

При проектировании пропульсивного комплекса судна, включающего определение количества и типа движителей, мощности энергетической установки и другие эксплуатационные параметры, возникает вопрос о методике расчета, т.е. способе выбора наиболее подходящего для заданного района плавания судна пропульсивного комплекса. Для ледоколов данный вопрос особенно актуален в силу сложности работы судов во льдах.

Существует два подхода решения этого вопроса: теоретический, обусловленный общепринятыми методиками, которые разрабатывались А.В. Андрюшиным [2], С.В. Антоненко [3], Я.И. Войткунским [12], Е.Б. Гильмияровым [6], Д.С. Семионичевым [11], А.Ю. Яковлевым [17] и другими, и экспериментальный, прикладной метод, используемый в проек-

ных организациях: в качестве примера приведем работы Л.И. Вишневого [5] и В.В. Шарика [16]. В частности, пропульсивные комплексы ледоколов рассматривали К.А. Алексеев [1], Е.М. Грамузов [7], М.В. Китаев [9] и др.

В случае, когда исходные данные для расчетов параметров пропульсивного комплекса не определены конкретными значениями, а представляют собой разброс значений, возникают сложности в теоретических расчетах, а также в расчетах с учетом экспериментальных данных. При этом в области проектирования существуют общеизвестные методики, такие как «метод вариаций», «метод сопоставления вариантов» и др., рассмотренные в работах А.В. Бухановского [4], А.Я. Добрынина [8], Ю.Н. Полякова [10] и др. Также появились новые методики, связанные с неопределенностью исходных данных и использованием баз данных: см., например, работы М.Э. Францева [14] и М.Г. Шайдуллина [15].

Однако все эти методы рассматриваются для начальных этапов проектирования судна и в результате дают один или несколько (для сравнения) вариантов исходных данных, при этом остальные варианты отбрасываются и не участвуют в дальнейших этапах проектирования.

Постановка цели и задач исследования

Методы принятия проектных решений основываются на использовании критериев оптимизации, применение которых характеризуется отбрасыванием вариантов проекта судна на начальных этапах проектирования. В связи с этим существует вероятность исключения из рассмотрения проектных решений, оптимальность которых выявляется на последующих этапах проектирования. В результате при определении параметров (например, главных размерений) пропульсивного комплекса судна теряется вариабельность, что может привести к потере оптимального соотношения эксплуатационных характеристик. Таким образом, целью исследования является усовершенствование методики анализа проектных решений пропульсивного комплекса судна (ледокола). Для достижения цели необходимо решить такие задачи, как определение множества комбинаций проектных решений; выбор способа расчета частоты вращения гребных винтов и мощности энергетической установки в условиях неопределенности исходных данных; получение базы для определения набора параметров пропульсивного комплекса под заданные условия; обеспечение гибкости перечня вводимых в проектные решения переменных.

Определение области исходных данных

Исходные данные для расчетов могут задаваться различными переменными – от диапазона главных размерений до диаметра, количества и типа гребных винтов. Область исходных данных для определения параметров пропульсивного комплекса судна должна быть сформирована на начальных этапах проектирования с учетом необходимых критериев оптимизации, учитывающих ограничения района эксплуатации, режимов плавания, сравнение с судами-прототипами, безопасную работу гребных винтов и др.

Данная методика рассматривается на примере ледоколов, эксплуатируемых в Волго-Каспийском морском судоходном канале и на Северном Каспии. Для этого случая работа по сужению области исходных данных приведена в [13]. На этапе анализа проектных решений пропульсивного комплекса область исходных данных представлена в виде диапазонов главных размерений: на рис. 1 показана одна из проекций на плоскость $L_{\text{мп}}B$.

Помимо вариации длины (71...94 м), ширины (16...20 м) и осадки (3,04...4,20 м) судна рассматривается использование двух и трех винтов диаметрами 0,5, 0,6 и 0,7Т. В анализ включены винты фиксированного шага без насадки серии ZV и с насадкой серии NT, винты регулируемого шага без насадки серии AU-CP и с насадкой серии NR. Гребные винты могут рассматриваться как часть винторулевой колонки, так и самостоятельно, что условно отображается в КПД при расчете мощности дизель-электрической СЭУ.

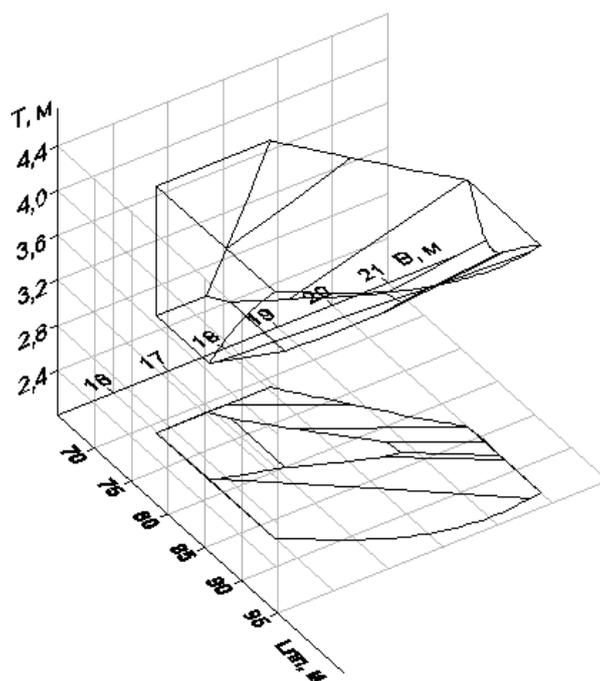


Рис. 1. Область исходных данных:
 L_{пп} – длина судна между перпендикулярами, B – ширина судна, T – осадка судна

Определение частоты вращения гребных винтов

Частота вращения гребного винта в соответствии со стандартной методикой определяется по следующей формуле:

$$n = \frac{v_a \times 60}{J \times D}, \quad (1)$$

где v_a – расчетное значение скорости в диске гребного винта, м/с;
 J – относительная поступь гребного винта;
 D – диаметр гребного винта, м.

Характеристики гребного винта η_0 , J , P/D определяются по экспериментальным диаграммам, с использованием коэффициент k_{NT} , который определяется по формуле

$$k_{NT} = \frac{v_A}{\sqrt{n}} \times \sqrt[4]{\frac{\rho}{T}}. \quad (2)$$

Необходимо задать диапазон значений частоты вращения для определения оптимального диаметра гребного винта. Диапазон значений частот вращения задается для каждой серии гребных винтов и для разного числа винтов (2 или 3) в отдельности, исходя из:

- предельных значений характеристик гребных винтов;
- расчетного диаметра винта;
- частоты вращения электродвигателей ближайших судов-прототипов («Капитан Чечкин» и «Капитан Букаев» – 360 об/мин; «Капитан Мецайк» – 420 об/мин).

Расчетное значение скорости в диске гребного винта определяется по формуле, при этом расчетным режимом является движение ледокола во льду:

$$v_a = v \times (1 - W_T), \quad (3)$$

где v – скорость судна, м/с (принятая скорость движения – 2 узла).

По результатам расчетов для каждой серии гребных винтов и комбинации характеристик (количество и диаметр винтов) строятся области значений $[L_{пп}, B, D_{опт}]$ (пример показан

на рис. 2 для трехвинтовой СЭУ, серии винтов ZV с диаметром $0,7T$, по которым при условии $D_{\text{опт}} = D$ определяются значения частоты вращения гребного винта n .

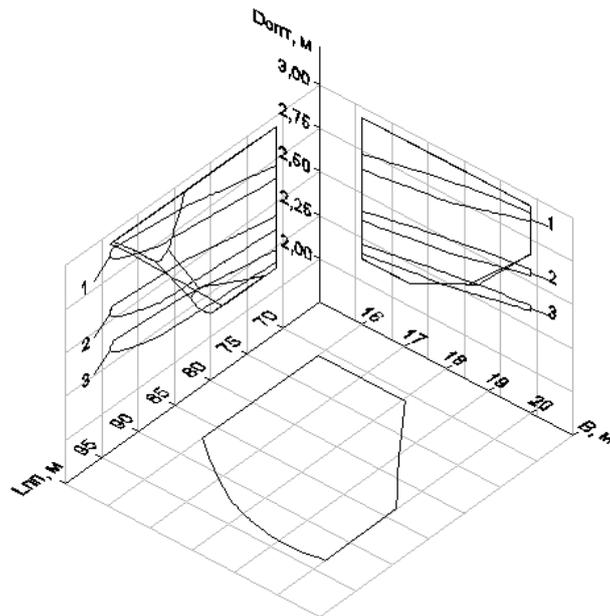


Рис. 2. Область значений $[L_{\text{пп}}, B, D_{\text{опт}}]$ для серии винтов ZV (3 винта с диаметром $0,7T$):
1 – $D_{\text{опт}}$ для $n = 320$ об/мин; 2 – $D_{\text{опт}}$ для $n = 400$ об/мин; 3 – $D_{\text{опт}}$ для $n = 480$ об/мин.

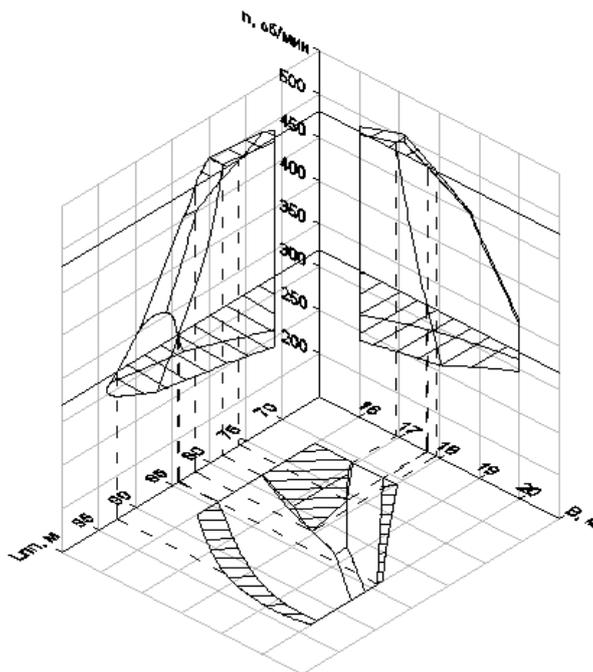


Рис. 3. Область значений $[L_{\text{пп}}, B, n]$ для серии винтов ZV (3 винта с диаметром $0,7T$).

Исходя из условий выбора диапазона частот вращения, можно сделать следующие выводы:

- 1) значения, находящиеся выше плоскости № 1 для всех случаев, не являются оптимальными, так как винты данного диаметра выходят за область характеристик серий гребных винтов;
- 2) значения, находящиеся ниже плоскости № 3 для всех случаев, не являются оптимальными для данных условий (число и диаметр винтов), так как выходят за область максимальных значений частоты вращения, принятых из опыта эксплуатации.

С учетом ограничений оптимального диапазона частот вращения гребного винта строятся проекции области значений $[L_{\text{пн}}, B, n]$ (пример показан на рис. 3 для трехвинтовой СЭУ, серии винтов ZV с диаметром 0,7Т), заштрихованные участки отсекаются из условий, описанных выше.

Основываясь на графическом анализе значений частоты вращения гребных винтов, можно вывести граничные условия использования выбранных серий гребных винтов для рассматриваемой совокупности значений главных размерений ледоколов (табл. 1).

Таблица 1

Граничные условия использования выбранных серий гребных винтов

Диаметр гребного винта	Серия гребных винтов	Двухвинтовая СЭУ					Трехвинтовая СЭУ				
		Частота вращения n , об/мин	Длина судна $L_{\text{пн}}$, м	Ширина судна B , м	Осадка судна T , м	Скорость на «чистой воде», узлы	Частота вращения n , об/мин	Длина судна $L_{\text{пн}}$, м	Ширина судна B , м	Осадка судна T , м	Скорость на «чистой воде», узлы
0,7Т	ZV	-	-	-	-	-	320... 480	71... 92,46	16...20	3,04... 4,12	15,44... 16,27
	NT	280... 480	71... 94	16... 20	3,04... 4,2	14,76... 16,23	360... 395,78	71... 82,56	16... 18,42	3,04... 3,27	15,4... 16,20
	AU-CP	400... 480	71... 89,05	16... 20	3,31... 3,91	15... 16,2	480... 492,42	74,16... 80,98	16,02... 17,5	3,04... 3,11	15,7... 16,18
	NR	-	-	-	-	-	300... 371,09	71... 87,64	16... 19,96	3,04... 3,71	15,16... 16,18
0,6Т	ZV	-	-	-	-	-	352,8... 480	71...94	16...20	3,61... 4,2	14,56... 16,32
	NT	-	-	-	-	-	360... 480	71... 89,78	16...20	3,11... 3,96	14,98... 16,21
	AU-CP	-	-	-	-	-	480... 560	71... 87,05	16... 19,82	3,31... 3,65	15,1... 16,17
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5Т	ZV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AU-	-	-	-	-	-	480... 480	71...91,37	16...20	3,83... 3,83	14,56... 14,56
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

На основании полученных данных (табл. 1) можно заключить: гребные винты серии AU-CP по сравнению с остальными более универсальны, так как охватывают большее количество проектных решений пропульсивного комплекса.

Определение мощности энергетической установки

Мощность энергетической установки определяется по формуле

$$P_s = \frac{P_{e_{\text{эксп}}}}{\eta_s \times \eta}, \quad (4)$$

где $P_{e_{\text{эксп}}}$ – эксплуатационная буксировочная мощность на одном гребном винте, кВт;

η_s – КПД передачи для различной комплектации пропульсивного комплекса;

η – пропульсивный коэффициент, который рассчитывается по следующей формуле:

$$\eta = \eta_H \times \eta_0 = (1-t) / (1-W_T) \times \eta_0, \quad (5)$$

где η_H – коэффициент влияния корпуса;
 η_0 – КПД движителя.

Минимальные и максимальные значения КПД движителей и пропульсивного коэффициента различных серий гребных винтов, рассчитанные по формуле (5) с использованием диаграммы для оптимальных значений диаметра винта рассматриваемого диапазона исходных данных, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Минимальные и максимальные значения коэффициента полезного действия движителей и пропульсивного коэффициента

Диаметр гребного винта	Серия гребных винтов	Двухвинтовая СЭУ				Трехвинтовая СЭУ			
		КПД движителя η_0		Пропульсивный коэффициент η		КПД движителя η_0		Пропульсивный коэффициент η	
		min	max	min	max	min	max	min	max
0,7Т	ZV	-	-	-	-	0,660	0,710	0,603	0,653
	NT	0,708	0,726	0,650	0,671	0,630	0,724	0,578	0,664
	AU-CP	0,621	0,654	0,569	0,604	0,633	0,659	0,581	0,609
	NR	-	-	-	-	0,603	0,713	0,555	0,655
0,6Т	ZV	-	-	-	-	0,658	0,707	0,605	0,655
	NT	-	-	-	-	0,631	0,725	0,581	0,668
	AU-CP	-	-	-	-	0,632	0,658	0,583	0,611
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5Т	ZV	-	-	-	-	-	-	-	-
	NT	-	-	-	-	-	-	-	-
	AU-CP	-	-	-	-	0,631	0,656	0,586	0,614
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-

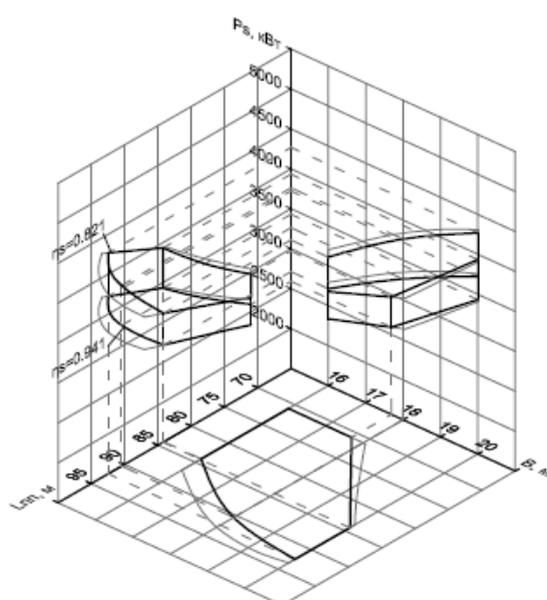


Рис. 4. Область значений $[L_{nn}, B, Ps]$ для серии винтов ZV (3 винта с диаметром 0,7Т)

На основании полученных данных (табл. 2) можно сделать заключение: использование гребных винтов серии NT обеспечивает максимальные КПД и пропульсивные коэффициенты.

Для определения мощности энергетической установки по формуле (4) необходимо учесть также КПД передачи η_s . Считается, что оптимальным СЭЖ для ледоколов является электроэнергетическая установка. КПД передачи такого машинно-двигательного комплекса варьируется от 0,82 до 0,94, где минимальное значение соответствует использованию редукторной передачи и электродвигателя постоянного тока, а максимальное значение – электродвигателя переменного тока без установки редуктора. На основании этих данных для каждой серии гребных винтов можно рассчитать необходимую мощность энергетической установки, которая обеспечивала бы заданную скорость, с учетом введенных ограничений по размерениям судна (пример показан на рис. 4 для трехвинтовой СЭУ, серии винтов ZV с диаметром 0,7Т). При этом выявлено, что изменение осадки судна при постоянных длине и ширине практически не влияет на мощность энергетической установки (относительное отклонение составляет не более 2,5%).

Из графического анализа значений P_s можно вывести максимальные и минимальные величины мощности энергетической установки, которые необходимы для достижения заданной скорости для рассматриваемых проектных решений пропульсивного комплекса (табл. 3).

Таблица 3

Диапазоны значений мощности энергетической установки

Диаметр гребного винта	Серия гребных винтов	Двухвинтовая СЭУ							
		Мощность двигателя, кВт				Мощность энергетического комплекса, кВт			
		мин. КПД передачи		макс. КПД передачи		мин. КПД передачи		макс. КПД передачи	
		min	max	min	max	min	max	min	max
0,7Т	ZV	-	-	-	-	-	-	-	-
	NT	3749,5	6122,9	3260,4	5331,2	7499,0	12245,8	6520,8	10662,4
	AU-CP	4267,6	6603,5	3723,4	5761,4	8535,2	13207	7446,8	11522,8
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-
0,6Т	ZV	-	-	-	-	-	-	-	-
	NT	-	-	-	-	-	-	-	-
	AU-CP	-	-	-	-	-	-	-	-
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5Т	ZV	-	-	-	-	-	-	-	-
	NT	-	-	-	-	-	-	-	-
	AU-CP	-	-	-	-	-	-	-	-
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-
0,7Т	ZV	2677	4267,1	2335,6	3722,9	8031	12801,3	7006,8	11168,7
	NT	2548,7	3371,9	2223,7	2941,9	7646,1	10115,7	6671,1	8825,7
	AU-CP	3081,2	3485,1	2689,3	3040,7	9243,6	10455,3	8067,9	9122,1
	NR	2621,6	3984,1	2287,3	3476	7864,8	11952,3	6861,9	10428
0,6Т	ZV	2654,6	4302,1	2316,1	3753,5	7963,8	12906,3	6948,3	11260,5
	NT	2532,6	3946,9	2209,7	3443,5	7597,8	11840,7	6629,1	10330,5
	AU-CP	2828,5	4238,2	2467,8	3697,7	8485,5	12714,6	7403,4	11093,1
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5Т	ZV	-	-	-	-	-	-	-	-
	NT	-	-	-	-	-	-	-	-
	AU-CP	2815,3	4451,8	2456,3	3884,1	8445,9	13355,4	7368,9	11652,3
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-

На основании полученных данных (табл. 3) можно сделать заключение: для минимизации затрачиваемой мощности следует делать выбор в пользу двухвинтовой СЭУ, но в то же время использование трехвинтовой СЭУ повышает маневренность судна и имеет большее число проектных решений.

Обсуждение результатов

Мы рассмотрели 24 проектных решения пропульсивного комплекса ледоколов (табл. 4), часть из них нежизнеспособны в силу ограничений по условиям эксплуатации (выделены серым цветом). Сравнение серий гребных винтов показано в табл. 5, сравнение проектных решений пропульсивного комплекса ледоколов – в табл. 6.

Таблица 4

Проектные решения пропульсивных комплексов ледоколов

Диаметр ГВ	0,7Т				0,6Т				0,5Т			
	ZV	NT	AU-CP	NR	ZV	NT	AU-CP	NR	ZV	NT	AU-CP	NR
2 ГВ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3 ГВ	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Таблица 5

Сравнение серий гребных винтов

№	Параметры	Серия ГВ			
		ZV	NT	AU-CP	NR
1	Возможность использования для двухвинтовой СЭУ	-	+	+	-
2	Возможность использования для трехвинтовой СЭУ	+	+	+	+
3	Возможность использования для ГВ диаметром 0,5Т	-	-	+	-
4	Возможность использования для ГВ диаметром 0,6Т	+	+	+	-
5	Возможность использования для ГВ диаметром 0,7Т	+	+	+	+

Таблица 6

Сравнение проектных решений пропульсивных комплексов ледоколов

№	Параметры	Проектные решения	Количественная характеристика
1	Максимальный процент охвата заданного диапазона длины судна 71...94 м	2, 17	100 %
2	Максимальный процент охвата заданного диапазона ширины судна 16...20 м	2, 3, 13, 17, 18, 23	100 %
3	Максимальный процент охвата заданного диапазона осадки судна 3,04...4,20 м	2	100 %
4	Минимальная частота вращения ГВ	2	280 об/мин
5	Максимальная частота вращения ГВ	19, 23	560 об/мин
6	Максимальный процент охвата диапазона частот вращения ГВ 280...560 об/мин	2	71 %
7	Максимальное значение КПД движителя	2	0,726
8	Минимальное значение КПД движителя	16	0,603
9	Максимальное значение пропульсивного коэффициента	2	0,671
10	Минимальное значение пропульсивного коэффициента	16	0,555
11	Максимальная мощность двигателя	3	6603,5 кВт
12	Минимальная мощность двигателя	18	2209,7 кВт
13	Максимальная мощность энергетического комплекса	23	13355,4 кВт
14	Минимальная мощность энергетического комплекса	2	6520,8 кВт

Проведенный анализ свидетельствует, что оптимальным проектным решением является вариант № 2 (двухвинтовая СЭУ, серия NT, диаметр ГВ 0,7Т): максимальный охват диапазонов главных размерений и частоты вращения ГВ, максимальный КПД и минимальная мощность энергетического комплекса. Но если учесть предельные значения главных размерений, рассчитанных в работе [13] из условия обеспечения прочности ГВ и отсутствия кавитации (табл. 7), то выбранное проектное решение уже не полностью охватывает заданный диапазон главных размерений. И для судов длиной свыше 87,1 м целесообразно рассматривать такие проектные решения, как № 13 и № 18.

Таблица 7

Предельные значения главных размерений судна, рассчитанные из условия обеспечения прочности гребных винтов и отсутствия кавитации

Диаметр гребного винта	Серия гребных винтов	Двухвинтовая СЭУ					Трехвинтовая СЭУ				
		Длина судна L_{max} , м	Ширина судна B_{max} , м	Осадка судна T_{min} , м	L / B max	B / T max	Длина судна L_{max} , м	Ширина судна B_{max} , м	Осадка судна T_{min} , м	L / B max	B / T max
0,7Т	ZV	-	-	-	-	-	93,74	20	3,85	4,93	4,52
	NT	87,10	17,89	4,09	5,43	4,37	93,85	20	3,42	5,44	5,36
	AU-CP	92,51	19,27	3,95	5,23	4,57	93,85	20	3,04	5,44	5,63
	NR	-	-	-	-	-	92,93	19,84	3,93	5,36	4,07
0,6Т	ZV	-	-	-	-	-	73,15	20	4,19	4,37	3,88
	NT	-	-	-	-	-	92,98	19,51	3,93	5,15	4,61
	AU-CP	-	-	-	-	-	93,85	20	3,66	5,44	4,91
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5Т	ZV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AU-CP	-	-	-	-	-	74,86	16,45	4,18	4,68	3,83
	NR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Для принятия окончательного решения можно использовать многокритериальный метод, включающий балльную оценку и метод Лапласа. При этом проектное решение может выбираться не только из условия минимизации мощности СЭУ, но и по минимальной осадке судна или ограничению диаметра гребных винтов. Но уже на данном этапе видно, что ни одно из решений нельзя использовать для всей совокупности исходных данных.

Сравнение со стандартной методикой

- Если рассматривать судно с единственным вариантом главных размерений (максимальными, минимальными для выбранного района плавания или по судну-прототипу) с целью минимизировать мощность СЭУ, то произойдет потеря оптимального варианта, так как, согласно анализу, минимальная мощность энергетического комплекса достигается для судна с $L_{pp} = 71$ м, $B = 16$ м и $T = 3,42$ м (вариант № 18), что находится не на границах заданного диапазона.

- Если рассматривать судно с единственным вариантом диаметра ГВ, например 0,7Т, то также теряется оптимальное проектное решение по минимальной мощности СЭУ № 18, где используются ГВ с диаметром 0,6Т, но в узком диапазоне главных размерений.

- Если рассматривать только судно с тремя винтами и не учитывать варианты двухвинтовых СЭУ, то произойдет потеря проектного решения № 2, которое в сравнительном анализе показало лучшие результаты.

Помимо прочего для оценки проектных решений пропульсивного комплекса можно изменять набор переменных параметров и учитывать различные критерии оптимизации выбора на основании заданных эксплуатационных, технических или экономических требований, например:

- сужение перечня движителей до винтов в насадках, если планируется эксплуатация на мелководе;
- введение критерия по маневренности, если судно будет обслуживать буровые установки;
- рассмотрение (дополнительно) носовых гребных винтов и др.

Выводы

В работе рассмотрена усовершенствованная методика анализа проектных решений пропульсивного комплекса судна (ледокола). Данное исследование впервые представляет возможность обработки множества проектных решений пропульсивного комплекса в условиях неопределенности исходных данных.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

- анализ множества комбинаций проектных решений позволяет выбрать необходимый набор параметров под заданные условия;
- полученная методика не вводит жестких рамок в анализ, выбор переменных варьируется в зависимости от поставленной задачи;
- использование стандартных методик привело бы к потере оптимальных комбинаций характеристик пропульсивного комплекса.

В целом исследование дало понимание, что ступенчатое сужение области данных выигрывает на фоне стандартных методик и позволяет более обоснованно подойти к анализу проектных решений на любом этапе проектирования. Область дальнейшего исследования связана с применением системного подхода к выбору проектных решений пропульсивного комплекса с целью учета не только количественных, но и качественных показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев К.А. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта судовых энергетических комплексов ледоколов: дис. ... канд. тех. наук. СПб., 2008. 197 с.
2. Андриюшин А.В. Теория взаимодействия гребного винта со льдом. Обеспечение эксплуатационной прочности элементов пропульсивного комплекса судов ледового плавания и ледоколов: дис. ... д-ра тех. наук. СПб., 2007. 254 с.
3. Антоненко С.В., Китаев М.В. Некоторые аспекты проектирования движительных комплексов судов с несколькими режимами движения // Мореходство и морские науки–2008: избранные докл. Первой Сахалинской региональной морской науч.-тех. конф., 12 февраля 2008 / под ред. В.Н. Храмушина. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2008. С. 52–62.
4. Бухановский А.В., Нечаев Ю.И. Концепция исследовательского проектирования морских судов на основе интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислительных средств // Искусственный интеллект. 2011. № 3. С. 25–41.
5. Вишневецкий Л.И., Егоров Г.В., Станков Б.Н., Печенюк А.В. Проектирование пропульсивного комплекса судна ограниченного района плавания на базе современных методов вычислительной гидродинамики // Судостроение. 2006. № 2. С. 27–31.
6. Гильмияров Е.Б., Цветков В.В. Многокритериальный подход к выбору судовой энергетической установки // Вестник МГТУ. 2006. Т. 9, № 3. С. 502–513.
7. Грамузов Е.М. Разработка теории и создание практических методов расчета ледовой ходкости, выбора формы корпуса и основных элементов речного ледокола, ориентированных на условия его эксплуатации: дис. ... д-ра тех. наук. Нижний Новгород, 2006. 341 с.
8. Добрынин А.Я., Царев Б.А. Особенности компоновок обеспечивающих судов и их анализ на этапе обоснования проектных характеристик // Морские интеллектуальные технологии. 2013. № 2. С. 3–9.

9. Китаев М.В. Обоснование типа и характеристик движительного комплекса в проектах модернизации судов с несколькими режимами движения: дис. ... канд. тех. наук. Владивосток, 2008. 162 с.
10. Поляков Ю.Н. Система автоматизированного проектирования «Оптимум-1» для разработки на ранних стадиях проектов морских транспортных судов // Морской вестник. 2016. № 3. С. 9–12.
11. Семионичев Д.С. Управление техническим состоянием судовой энергетической установки на основе метода формализованной оценки безопасности: дис. ... канд. тех. наук. СПб., 2010. 226 с.
12. Справочник по теории корабля: в 3 т. Т. 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые двигатели / под ред. Я.И. Войткунского. Л.: Судостроение, 1985. 768 с.
13. Темникова А.А. Сужение области расчетных значений главных размерений ледоколов из условия оптимального использования гребных винтов // Вестник Астраханского гос. тех. ун-та. Сер. Морская техника и технология. 2016. № 1. С. 38–46.
14. Францев М.Э. Использование параметрических методов на ранних этапах разработки проекта судна из композитных материалов // Вестник Астраханского гос. тех. ун-та. Сер. Морская техника и технология. 2014. № 1. С. 33–42.
15. Шайдуллин М.Г., Булаткин В.С. Решение задачи внешнего проектирования судна в условиях неопределенности // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2013. № 4(101). С. 214–221.
16. Шарик В.В. Повышение эффективности эксплуатации судового энергетического комплекса на основе оценивания функциональной надежности его элементов и перевода на техническое обслуживание по фактическому состоянию: дис. ... канд. тех. наук. Новороссийск, 2005. 195 с.
17. Яковлев А.Ю. Создание системы расчетных методов для проектирования новых типов движительных комплексов современных судов: дис. ... д-ра. техн. наук. СПб., 2008. 299 с.

Ship Power Plants

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI.org/10.5281/zenodo.2578702

Temnikova A.

ALENA TEMNIKOVA, Senior Lecturer, Department of Shipbuilding and Marine Engineering Energy Complexes, e-mail: awe_12@mail.ru
Astrakhan State Technical University
 16, Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russia

Analysis of design solutions for the icebreaker propulsion system with initial data defined by an infinite set of values

Abstract: The practical application of methods for choosing the parameters of the propulsion system has a huge impact on the final operational characteristics of the vessel. Consequently, the result of such a choice should be the best design solutions. The existing methodologies are guided by practical experience in construction, using the characteristics of prototype ships, or suggest ways to reduce the source data area (main dimensions) to one or several options before starting to calculate the ship power complex parameters. As a result, when determining the parameters of the propulsion system of a vessel, the variability (for example, main dimensions) is lost, which can lead to the loss of the optimal ratio of operational characteristics. But in the case when the initial data are not determined by specific values, but represent a spread of values, the complexity of theoretical calculations arises, as well as using the experimental component. From here, in our opinion, it becomes necessary to create a methodology for analyzing design solutions for the vessel's propulsion system with input data expressed not by final values, but by their infinite set. The presented method of analyzing the set of combinations of design solutions allows you to select the required set of parameters

under the specified conditions and not be limited to rigid frameworks in the analysis (the choice of variables varies depending on the task).

Keywords: propulsion system, design solutions, set of values, data uncertainty.

REFERENCES

1. Alekseev K.A. Improving the system of maintenance and repair of ship icebreaker power complexes: dissertation ... Candidate of Technical Sciences. St. Petersburg, 2008. 197 p.
2. Andryushin A.V. Theory of interaction propeller with ice. Ensuring the operational strength of the elements of the propulsion complex of icebreaking vessels and icebreakers: dissertation ... Doctor of Technical Sciences. St. Petersburg, 2007. 254 p.
3. Antonenko S.V., Kitaev M.V. Some aspects of the design of propulsion systems of ships with multiple modes of movement. Seafaring and marine science – 2008: selected reports. First Sakhalin Regional Marine Scientific and Technical Conference, February 12, 2008. Yuzhno-Sakhalinsk, SakhSU, 2008:52–62.
4. Bukhanovsky A.V., Nechaev Yu.I. The concept of research design of ships based on intelligent technology and high-performance computing tools. Artificial Intelligence. 2011(3):25–41.
5. Vishnevsky L.I., Egorov G.V., Stankov B.N., Pechenyuk A.V. Designing the propulsion complex of a ship of a limited navigation area based on modern methods of computational fluid dynamics. Shipbuilding. 2006(2):27–31.
6. Gilmiyarov E.B., Tsvetkov V.V. Multi-criteria approach to the choice of the ship power plant. Vestnik MGTU. 2006.(9);3:502–513.
7. Gramuzov E.M. Development of the theory and the creation of practical methods for calculating ice flow, the choice of hull shape and the main elements of a river icebreaker, focused on the conditions of its operation: Dissertation ... Doctor of Technical Sciences. Nizhny Novgorod, 2006, 341 p.
8. Dobrynin A.Ya., Tsarev B.A. Features of layouts of supporting vessels and their analysis at the stage of substantiation of design characteristics. Marine intellectual technologies. 2013(2):3–9.
9. Kitayev M.V. Justification of the type and characteristics of the propulsion complex in the projects of modernization of vessels with several modes of motion: dissertation ... Candidate of Technical Sciences. Vladivostok, 2008, 162 p.
10. Polyakov Yu.N. Optimum-1 computer-aided design system for developing early-stage projects for sea-going vessels. Morskoy Vestnik. 2016(3):9–12.
11. Semionichev D.S. Management of the technical condition of the ship power plant based on the method of formalized safety assessment, Dissertation ... Candidate of Technical Sciences. St. Petersburg, 2010, 226 p.
12. Handbook on the theory of the ship, in 3 v. V. 1. Hydromechanics. Resistance to the movement of ships. Ship propulsion. Shipbuilding, 1985, 768 p.
13. Temnikova A.A. Narrow the range of calculated values of the main dimensions Icebreaker of the conditions optimal use of propellers. Bulletin of Astrakhan State Technical University. Science Magazine. Series: Marine technology and technology. Astrakhan. 2016;1:38–46.
14. Frantsev M.E. The use of parametric methods in the early stages of the design of a vessel made of composite materials. Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series Marine technology and technology. 2014(1):33–42.
15. Shaydullin M.G., Bulatkin V.S. The solution to the problem of external design of the vessel in conditions of uncertainty. Trudy NSTU. 2013(4):214–221.
16. Sharik V.V. Improving the efficiency of operation of the ship power complex on the basis of evaluating the functional reliability of its elements and transferring it to maintenance according to the actual state: dissertation ... Candidate of Technical Sciences. Novorossiysk, 2005, 195 p.
17. Yakovlev A.Yu. Creating a system of computational methods for designing new types of propulsion systems of modern ships: Dissertation ... Doctor of Technical Sciences. St. Petersburg, 2008, 299 p.