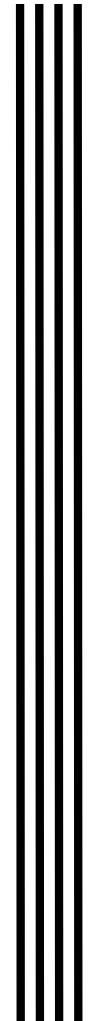


Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам № 1 - 5
по дисциплине Специальные разделы теории корабля
для студентов специальности 7.100201 –
«Корабли и океанотехника»
всех форм обучения

Севастополь
2006



УДК 609.12:532

Методические указания к лабораторным работам № 1-5 по дисциплине Специальные разделы теории корабля для студентов специальности 7.100201 – «Корабли и океанотехника» всех форм обучения / Сост. В.Г.Зиньковский-Горбатенко. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006.- с.

Целью настоящих методических указаний является оказание помощи студентам в выполнении лабораторных работ по дисциплине Специальные разделы теории корабля.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Океанотехники и кораблестроения " ____ " _____ 2003 г., протокол № ____

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: канд.техн.наук, доцент А.И.Новиков

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Лабораторная работа № 1. Генерация математической модели судна	5
2. Лабораторная работа № 2. Элементы парусности и погруженной части диаметрали	6
3. Лабораторная работа № 3. Сопротивление судна на тихой воде. Характеристики гребного комплекса	7
4. Лабораторная работа № 4. Исследование управляемости судна с использованием результатов испытаний самоходных моделей	8
5. Лабораторная работа № 5. Аэродинамические характеристики судна. Позиционные гидродинамические характеристики	13
Библиографический список	15
Приложение А. Статистическая оценка совместимых характеристик формы корпуса, водоизмещения и скорости хода судов	17
Приложение Б. Статистическая оценка элементов циркуляции судна	20
Приложение В. Пример выполнения работы «Исследование управляемости судна с использованием результатов испытаний самоходных моделей»	23
Приложение Г. Коэффициенты аэродинамических сил, действующих на надводную часть судна	31
Приложение Д Коэффициенты позиционных гидродинамических сил. Расчет	33

ВВЕДЕНИЕ

Маневренность судна является одним из важнейших мореходных качеств, обеспечивающих не только безопасность мореплавания, но и экологическую безопасность транспортировки грузов морем. Однако оценка характеристик поворотливости, устойчивости на курсе, начальной поворотливости и других маневренных характеристик судна представляет собой довольно громоздкую задачу, практическое решение которой требует не только глубоких знаний и проведения специальных экспериментов с моделями судов, но и широкого применения компьютерных технологий.

В цикле лабораторных работ по управляемости судов студенты специальности 7.100201 – «Корабли и океанотехника» получают возможность освоить современные приемы оценки маневренных качеств судна и практически выполнить расчеты с широким использованием специализированного программного обеспечения.

Роль базы данных при выполнении лабораторных работ играет информация, разрабатываемая и создаваемая студентом по индивидуальному заданию в процессе выполнения практических заданий и РГЗ.

В ПРИЛОЖЕНИЯХ к данным Методическим указаниям приведены руководства пользователя ко всем используемым компьютерным программам.

Отчет по каждой работе должен содержать:

- задание на работу;
- постановку задачи;
- анализ доступной информации и обзор рекомендаций по рассматриваемому вопросу, относящихся к рассматриваемому типу судов;
- обоснование принятых значений используемых параметров;
- документы (распечатки) использованных компьютерных программ;
- анализ результатов расчета;
- выводы и рекомендации.

1.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ГЕНЕРАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУДНА

Цель работы:

1. Ознакомление с параметрами и характеристиками судна (его надводной и подводной части), существенно влияющими на управляемость;
2. Ознакомление с требованиями действующих Правил и международных конвенций, относящихся к архитектуре судна, которые влияют на управляемость судна и обеспечивают безопасность мореплавания.

Содержание работы:

1. Создание экстерьера судна, отвечающего функциональным требованиям, а также требованиям Правил и Международных конвенций;
2. Оценка статистически совместимых характеристик судна по заданым: типу, водоизмещению, скорости хода и отношению ширины к осадке;
3. Формирование блока исходных данных по судну для расчета управляемости.

Программное обеспечение:

SHIPVER (Приложение А)

Исходная информация по судну подготавливается на Практическом занятии №1.

Контрольные вопросы

1. Следует ли учитывать наличие на судне крупногабаритного палубного груза при назначении возвышения на уровне моря поста управления судном ?
2. На каком расстоянии вперед от носа судна должна быть видна поверхность моря с поста управления ?
3. Какие особенности архитектуры судна рассматриваемого типа Вы учли при создании экстерьера судна ?

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ЭЛЕМЕНТЫ ПАРУСНОСТИ И ПОГРУЖЕННОЙ ЧАСТИ ДИАМЕТРАЛИ

Цель работы:

Определение расчетных параметров и характеристик судна (его надводной и подводной части), используемых в расчете управляемости и при оценке эффективности рулевого устройства по Правилам Регистра;

Содержание работы:

1. Расчет характеристик парусности и подводной части диаметрали судна, экстерьер которого создан на Практическом занятии №1;
2. Расчет параметров и характеристик, используемых в расчете управляемости и оценке эффективности рулевого устройства по Правилам Регистра;

Программное обеспечение:

1. EXTERIOR;
2. AREA

Теоретический раздел

В расчетах управляемости используется ряд характеристик надводной и подводной части судна. В их число входят:

- 1 Площадь парусности при осадке по ЛГВЛ и при такой минимальной осадке, при которой руль судна полностью погружен в воду.
 - 2 Площадь проекции надводной части судна на плоскость мидель-шпангоута.
 - 3 Координаты центра тяжести площадей по п.п. 1, 2.
- При расчете аэродинамических сил, действующих на надводную часть судна, используются также следующие характеристики:
- 4 Периметр надводной части судна (за вычетом ватерлинии).
 - 5 Полная длина надводной части судна.
 - 6 Площадь парусности надстроек.
 - 7 Количество мачт и колонн, различимых на силуэте судна.

По подводной части диаметрали следует определить её площадь и координаты центра площади, а также площади носового и кормового подрезов диаметрали. Площадь и координаты центра определяются для двух осадок – в полном грузу и при минимальной осадке, соответствующей полностью погруженному рулю.

Перечисленные характеристики получаются с помощью программ EXTERIOR и AREA, “руководства пользователя” которыми прилагаются.

назначение судна:

вариант загрузки:

Введите:

- длину судна по ватерлинии, м $L =$;
- ширину судна по ватерлинии, м $B =$;

Далее программа осуществляет проверку применимости по L/B и продолжает ввод данных, запрашивая

- осадку на миделе, м $d =$,

После этого проверяется применимость по d/L , а затем запрашивается

- коэффициент продольной полноты $C_p =$.

После проверки применимости по C_p вводится

- относительная абсцисса центра тяжести $xg/L =$,

и, если xg/L находится в допустимом интервале, запрашивается

- относительное плечо приложения боковой силы на руле

$$lr/L = ;$$

- осадка на кормовом перпендикуляре, м $da =$.

Если дифферент не выходит из допустимых пределов, запрашиваются значения

- скорости судна на прямом курсе на тихой воде $v =$
- сопротивления судна на этой скорости, кН $R_t =$ ');
- плотность забортной воды, т/куб.м $\rho =$ ');

затем указывается форма обводов в корме:

- обычная1;
- сигарообразная.....2;
- с утолщенным дейдвудом3.

а также

- площадь кормового подреза, дополняющая контур погруженной части ДП до прямоугольника, кв.м $A_c =$;

Проверяется реальность введенного значения, и, если оно правдоподобно, запрашивается

- номер кормового шпангоута (при 21 шпангоутах, и нумерации их от носового перпендикуляра), пограничного между U-образными и V-образными шпангоутами, $i =$.

Если значение i допустимо, вычисляется приведенный коэффициент полноты подводной части диаметрали σ , и, если оно не выходит за пределы применимости способа расчета, производится расчет коэффициентов позиционных гидродинамических сил.

Следует вывод на экран таблицы коэффициентов позиционных гидродинамических сил в функции от угла дрейфа β в диапазоне от нуля до 180° .

Исходные данные и результаты расчета выдаются на принтер в текстовом и графическом виде.

Далее следует ряд служебных запросов.

Исходная информация по надводной и подводной части судна подготавливается на Практическом занятии №2.

Контрольные вопросы

1. Сравните полученные характеристики надводной и подводной частей судна с их обычными значениями для судов рассматриваемого типа (используйте информацию из [14] и др.). По каким характеристикам Ваше судно существенно отличается от построенных судов рассматриваемого типа ?
2. Как могут повлиять указанные отличия на поворотливость и устойчивость на курсе судна ?

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. СОПРОТИВЛЕНИЕ СУДНА НА ТИХОЙ ВОДЕ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРЕБНОГО КОМПЛЕКСА

Цель работы:

Определение сопротивления судна при движении прямым курсом на тихой воде и характеристик гребного комплекса судна, используемых в расчетах управляемости и при оценке эффективности рулевого устройства по Правилам Регистра;

Содержание работы:

1. Расчет сопротивления судна на тихой воде;
2. Расчет параметров и характеристик гребного комплекса, используемых в расчетах управляемости и при оценке эффективности рулевого устройства по Правилам Регистра;

Программное обеспечение:

R_v ;

P_n

P_{n1}

Теоретический раздел

В расчетах управляемости используется ряд характеристик гребного комплекса судна. В их число входят:

- 1 Диаметр гребного винта и характеристики, определяющие его расположение по отношению к рулю.
- 2 Упор и тяга гребного комплекса при фиксированном положении органов регулирования работы гребного двигателя, в зависимости от скорости хода.
- 3 Коэффициент нагрузки гребного винта по упору.
- 4 Диаметр струи гребного винта и осевая скорость потока в ней.

Эти характеристики изучаются в курсе "Статика и динамика", ч.2. «Сопротивление движению судов и движители». В настоящей работе они определяются по результатам работы программного комплекса Rv - Pn. Руководства пользователя прилагаются.

Контрольные вопросы

1. Какими соображениями и рекомендациями Вы пользовались, выбирая геометрические характеристики гребного винта и его положение по отношению к рулю ?
2. Какой тип руля (в терминах Правил Регистра) Вами принят и почему ?
3. Удовлетворены ли требования Правил Регистра к геометрическим характеристикам движительно-рулевого комплекса ? Перечислите эти требования.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ САМОХОДНЫХ МОДЕЛЕЙ

Цель работы:

- 1 Ознакомление с методами исследования управляемости судов, основанными на использовании результатов испытаний самоходных моделей.
- 2 Получение практических навыков исследования влияния различных параметров корпуса судна и его винто-рулевого комплекса на основные характеристики управляемости судна на тихой воде.

Содержание работы:

- 1 Идентификация эксплуатационных требований к управляемости судов рассматриваемого типа;
- 2 Установление применимых требований к рулевому устройству и его эффективности, предъявляемых органами технического надзора и классификации судов (Российского Морского Регистра Судоходства или другого ОТНК), а также Международной морской организацией (ИМО) к судам рассматриваемого типа
- 3 Оценка характеристик управляемости исходно варианта судна (согласно индивидуальному заданию) по результатам испытаний серий самоходных моделей
- 4 Выбор параметров рулевого устройства, винта и корпуса судна, значимо влияющих на характеристики управляемости (без изменения главных размерений, коэффициентов полноты и скорости хода исходного варианта судна !);
- 5 Оценка интервалов допустимой вариации значимых параметров

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЗИЦИОННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ РАСЧЁТ

(по Н.И.Анисимовой-И.П.Мелкозеровой, ЦНИИ им.акад. А.Н.Крылова
- "Справочник по теории корабля", т.3, Л.Судостроение, 1985)

xbybmb (с) В.Г.Зиньковский-Горбатенко, 1999..2001

Программа определяет коэффициенты позиционных гидродинамических сил X_b , Y_b , действующих на подводную часть судна (в проекциях на продольную и поперечную оси), и момент M_b этих сил относительно вертикальной оси, проходящей через середину длины судна по ватерлинии L .

Коэффициенты гидродинамических сил для данного судна зависят от угла дрейфа β , градусы, и представляются в виде:

$$C_{xb} = 2 * X_b / (\rho * A_l * v^2);$$

$$C_{yb} = 2 * Y_b / (\rho * A_l * v^2);$$

$$C_{mb} = 2 * M_b / (\rho * A_l * L * v^2);$$

где ρ - плотность воды, т/куб.м;);

$A_l = L * d * \sigma$ - приведенная площадь подводной части ДП судна, кв.м;);

σ - приведенный коэффициент полноты подводной части ДП;

v - скорость судна относительно воды, м/сек.;

Коэффициенты C_{xb} , C_{yb} , C_{mb} зависят от угла дрейфа β и параметров формы корпуса: σ , L/B , d/L и C_p .

Значение приведенного коэффициента полноты ДП σ в свою очередь, зависит от размеров дейдвуда и от формы обводов в кормовой части судна, а также углов статического дифферента судна, равного $\psi_1 = (da-df)/L$ и ходового дифферента ψ_2 , определяемого числом Фруда Fr и значением xg/L .

Результаты Н.И.Анисимовой-И.П.Мелкозеровой получены для моделей судов, имеющих:

$$L/B = 4..10, \quad d/L < 0.08, \quad C_p = 0.55..0.85, \quad \sigma = 0.93..1.00.$$

После утвердительного ответа на вопрос о готовности:

"Вы располагаете требуемой информацией (Y/N) ?"

следуют запросы по входной информации:

"Укажите:

тип проектируемого судна:

М - числа различных в проекции на ДП колонн, мачт.

Если пользователь располагает требуемой для расчета информацией, то следуют соответствующие запросы:

"Укажите

- т и п проектируемого судна:

- н а з н а ч е н и е судна:

- вариант з а г р у з к и".

"Введите:

- наибольшую длину надводной части судна, м $Loa =$;

- наибольшую ширину надводной части судна, м $B =$;

Далее выполняется проверка применимости способа расчета по отношению Loa/B . Если выполняется условие $4 < Loa/B < 9.75$,

то вводится

- площадь проекции надводной части судна на ДП, кв.м $Avl =$;
и проверяются условия применимости способа по отношению Avl/Loa^2

$$0,072 < 2*Avl/Loa^2 < 0,24;$$

- площадь проекции надводной части судна на мидель, кв.м $Avb =$,
и проверяются условия применимости способа по отношению $2*Avb/B^2$

$$0,88 < 2*Avb/B^2 < 2,32$$

- площадь проекции надстроек судна на ДП, кв.м $Ass =$;
и проверяются условия применимости способа по отношению Ass/Avl

$$0,138 < Ass/Avl < 0,595$$

- периметр проекции надводной части судна на ДП;
(без учёта тонких элементов и ВЛ), м $p =$;
и проверяются условия применимости способа по отношению $1,23 < p/Loa < 1,97$

- расстояние от носовой оконечности Avl до её центра, м $c =$;
и проверяются условия применимости способа по отношению $c/Loa < 0,401$ $0,401 < c/Loa < 0,619$;

- число различных на боковой проекции мачт и колонн М
и проверяются условия применимости способа по М $1 < M < 7$.

Кроме того, запрашивается относительное плечо боковой силы на руле lr/L , необходимое для расчета управляемости при ветре

- относительное плечо боковой силы на руле $lr/L =$.

На этом ввод исходных данных заканчивается, и программа вычисляет коэффициенты аэродинамических сил. Коэффициенты вычисляются как функция курсового угла ветра γ .

Исходные данные и результаты расчета выдаются на принтер в текстовой и графической форме.

Затем следует ряд служебных запросов.

по статистическим данным;

6 Поиск значений значимых параметров, обеспечивающих желательное изменение характеристик управляемости;

7 Оценка поворотливости и устойчивости на курсе судна с оптимальными по управляемости параметрами корпуса и руля.

Техническое обеспечение

- Компьютерный зал

Программное обеспечение

TURN_2 -Элементы циркуляции. Предсказание по регресс-функциям.

Теоретический раздел

Управляемость принадлежит к числу важнейших мореходных качеств судна. Известно, что первопричиной многих аварий и катастроф являлась потеря управляемости. Управляемость судов в значительной мере обеспечивает безопасность мореплавания и потому регламентируется национальными и международными Правилами. Управляемость каждого судна проверяется органами технического надзора и классификации непосредственно во время сдаточных испытаний, в натурных условиях, а не расчетным путем.

Управляемость судна по-разному оценивается в условиях тихой воды и при плавании в условиях ветра и волнения.

Суждение об управляемости судна на тихой воде выносится по характеристикам управляемости на циркуляции, к которым относятся следующие величины:

- диаметр установившейся циркуляции	D ,
- тактический диаметр циркуляции	D_t ,
- выдвиг	l_1 ,
- прямое смещение	l_2 ,
- скорость на установившейся циркуляции	V .

Представленные в безразмерной форме, они используются для оценки управляемости судна на тихой воде.

Определяются:

- относительный диаметр установившейся циркуляции	D/L ,
- относительный тактический диаметр циркуляции	D_t/L ,
- относительный выдвиг	l_1/L ,
- относительное прямое смещение	l_2/L ,
- относительная скорость на установившейся циркуляции	V/V_0 .

Оценки характеристик циркуляции могут быть предсказаны как расчетным путем, так и путем применения функций регрессии, полученных

обобщением результатов испытаний самоходных моделей. В ответственных случаях выполняются испытания модели конкретного судна, как то требуют Правила Регистра [16].

Теория управляемости и опыт эксплуатации судов позволяют указать набор параметров судна и его винто-рулевого комплекса, существенно влияющих на характеристики управляемости на тихой воде. Применительно к транспортным судам к числу этих параметров относятся:

- отношение длины к ширине судна L/B ;
- коэффициент общей полноты C_b ;
- статический дифферент $(da - df)/L$;
- относительная площадь части диаметрала, выступающая за носовой перпендикуляр $AB/L \cdot d$;
- тип руля (за рудерпостом, полуподвесной, подвесной);
- число рулей NR ;
- относительная площадь рулей $AR/L \cdot d$;
- относительная скорость хода $V_{so}/\sqrt{L}$;
- и угол перекладки руля (рулей) δr .

Изменение характеристик управляемости на тихой воде (в первую очередь относительного диаметра циркуляции при перекладке руля на борт на 35° и соответствующих значений относительного прямого смещения и скорости хода) при проектировании судна достигается путем изменения некоторых его параметров. Число таких параметров мало, так как судно должно удовлетворять ряду других требований, которые накладывают свои ограничения на вариации параметров формы судна. Так, транспортное судно должно иметь заданное водоизмещение и скорость хода, должно обладать достаточной остойчивостью и т.д. Поэтому практически изменение управляемости судна выполняется за счет изменения таких параметров его, которые слабо влияют на его другие мореходные качества и характеристики судна как транспортного средства.

К числу параметров, изменение которых может быть рекомендовано, относятся:

- площадь части диаметрала, выступающей за носовой перпендикуляр (или, с минусом, - площадь подреза диаметрала в носу);
- площадь кормового подреза;
- характеристики рулевого устройства (число рулей, тип руля (за рудерпостом, полуподвесной, подвесной), относительная площадь рулей).

Задача улучшения характеристик управляемости судна может рассматриваться как задача "оптимизации с ограничениями" [24] и решаться соответствующими методами. Однако, учитывая сравнительно узкие интервалы реально возможных изменений варьируемых параметров, и то обстоятельство, что в пределах этих изменений как правило, не наблюдаются min/max, можно ограничиться простейшим вариантом "покоординатного спуска".

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

КОЭФФИЦИЕНТЫ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА НАДВОДНУЮ ЧАСТЬ СУДНА

(Isherwood, R. Wind Resistance of Merchant Ships. TRINA, 1973)

Руководство пользователя

XaYaMa_1
(User's Guide)

xayama1

(с) В.Г.Зиньковский-Горбатенко, 1996..2001

КОЭФФИЦИЕНТЫ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ, РАСЧЁТ

(по: Isherwood R. Wind Resistance of Merchant Ships, TRINA, 1973)

Программа определяет коэффициенты аэродинамических сил X_a , Y_a , действующих на надводную часть судна (в проекциях на продольную и поперечную оси), и момент M_a этих сил относительно вертикальной оси, проходящей через середину полной длины надводной части судна Loa .

Коэффициенты аэродинамических сил для данного судна зависят от курсового угла ветра $\alpha_{\text{ветра}}$, градусы, и представляются в виде:

$$C_{xa} = 2 \cdot X_a / (\rho_a \cdot A_{vb} \cdot v_a^2);$$

$$C_{ya} = 2 \cdot Y_a / (\rho_a \cdot A_{vl} \cdot v_a^2);$$

$$C_{ma} = 2 \cdot M_a / (\rho_a \cdot A_{vl} \cdot Lo_a \cdot v_a^2),$$

где ρ_a - плотность воздуха, т/куб.м;'

A_{vb} - площадь проекции надводной части на мидель, кв.м;

A_{vl} - площадь проекции надводной части на ДП, кв.м;

v_a - относительная скорость воздушного потока, м/сек.

Коэффициенты C_{xa} , C_{ya} , C_{ma} зависят от Lo_a , A_{vb} , A_{vl} , а также от

B - наибольшей ширины надводной части судна, м;

A_{ss} - площади проекции надстроек на ДП, кв.м;

p - периметра надводной части (без тонких элементов и ватерлинии);

c - расстояния от носовой оконечности до центра A_{vl} ;

5 Гурович А.Н. и др. Судовые устройства. Справочник для конструкторов и проектировщиков. Судостроение, 1967

6 International Maritime Organization. Standards for Ship Manoeuvrability. Resolution MSC.137(76) adopted on 5 December 2002.-London

Собственно оценка характеристик циркуляции рассматриваемого судна (в исходном варианте и с измененными параметрами) для современных транспортных судов выполняется с использованием результатов циркуляционных испытаний самоходных моделей [20].

Полученные Lyster C.F., Knight H.L. регрессионные зависимости для исследуемых характеристик управляемости заложены в программу TURN_2 - "Элементы циркуляции. Предсказание по регресс-функциям".

Программа вычисляет относительные значения

- диаметра установившейся циркуляции D/L ,
- тактического диаметра циркуляции D_t/L ,
- выдвиг l_1/L ,
- прямого смещения l_2/L ,
- относительной скорости на установившейся циркуляции V/V_0

в зависимости от перечисленных ниже характеристик моделей.

Границы интервалов обследованных значений характеристик приведены в таблице 1.

Таблица 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛЕЙ

Характеристика	Число валов Z_p	
	1	2
L/B	5.56..9.10	5.00..12.5
Cb	0.56..0.87	0.42..0.68
(da - df)/L	0 ..0.05	-0.01..0.03
AB/L*d	-0.11..0.04	-0.10.. 0
Число рулей NR	1	1..2
AR/L*d	0.01..0.04	0.01..0.02
$V_{so}/\sqrt{L}$	0.36..1.81	0.45..3.98
$\Delta\gamma$, градусы	10 .. 45	10 .. 35

В этой таблице:

- AB/L*d - относительная площадь выступающей за носовой перпендикуляр части диаметральной (носовой п о д р е з диаметральной вводит о т р и ц а т е л ь н у ю "выступающую" площадь);
- V_{so} - скорость судна на прямом курсе в узлах;
- da,df - осадка носом и кормой, соответственно, м;
- Ar - площадь рулей, кв.м;
- $\delta\gamma$ - расчетный угол перекладки рулей, град.

Для выполнения настоящей работы подготовьте данные, указанные в таблице 1, для исходного варианта судна, а также выберите:

для одновинтового судна - тип руля (простой за рудерпостом, подвесной, полубалансирный),

для двухвинтового судна - число рулей.

Укажите:

тип проектируемого судна;
назначение судна;
вариант загрузки;
категорию ледовых усилений;

Ознакомьтесь по литературе со специфическими требованиями к управляемости судов рассматриваемого типа.

Выполните расчет элементов циркуляции судна в исходном варианте для углов перекадки руля от 10 до 35 градусов.

Постройте по полученным данным диаграмму управляемости, а также (в подходящем масштабе) эскиз траектории судна на циркуляции при перекадке руля на 35°, изобразив последовательные положения судна: исходное - на прямом курсе, при развороте на 90° и 180° (не забудьте об угле дрейфа, который можно оценить (в радианах) как $0,8 L / D$).

Сделайте заключение об управляемости судна в исходном варианте и целесообразности использования для данного судна маневра "руль на борт" при угрозе столкновения со встречным судном или препятствием.

Оцените, примерно, устойчивость судна на курсе по предполагаемому диаметру самопроизвольной циркуляции.

Обоснуйте и предложите меры по улучшению поворотливости судна (изменяемые параметры и интервалы их изменения).

Выполните варианты расчеты циркуляции при изменении параметров судна и его рулевого устройства (с учетом ограничений, свойственных типу судна и ограничений по параметрам испытанных моделей), и определите достижимые параметры циркуляции.

Оцените, примерно, как изменится устойчивость судна на курсе при реализации предложенных изменений в варьируемых параметрах судна и его рулевого устройства.

По результатам расчетов сделайте Заключение, содержащее выводы из сделанных расчетов, и дайте основанные на них рекомендации.

Пример выполнения работы – смотри в Приложении Б

Контрольные вопросы

1. Какие требования к элементам циркуляции предъявляют Правила Регистра ?
2. Удовлетворяет ли Ваше судно в исходном варианте этим требованиям ?
3. Распространяются ли на Ваше судно требования «Стандартов маневренности» ИМО ?
4. Удовлетворяет ли судно в исходном варианте этим требованиям ?
5. Удалось ли найти вариант судна с измененными параметрами формы, который обладает лучшими характеристиками поворотливости и/или устойчивости на курсе ?
6. На сколько процентов удалось улучшить характеристики поворотливости и/или устойчивости на курсе ?

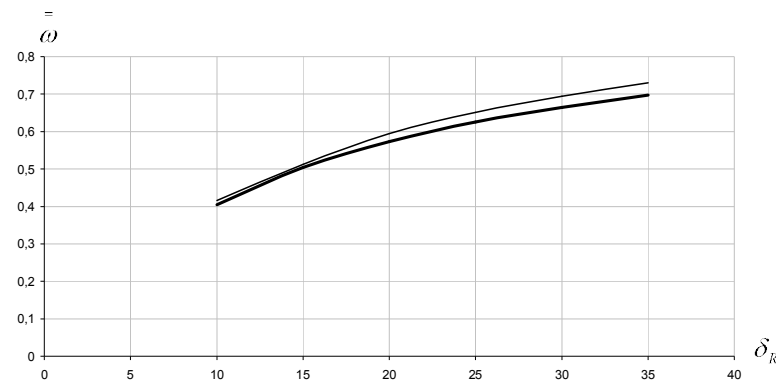


Рисунок В.4- Диаграмма управляемости варианта, лучшего по устойчивости на курсе $AB/L \cdot d = 0,033$, $AR/L \cdot d = 0,0145$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для рассматриваемого судна - судна полных обводов, - применение носового бульба больших размеров приводит не только к уменьшению сопротивления движению, что хорошо известно, но также позволяет улучшить устойчивость на курсе, что весьма важно для полных судов. Увеличение площади пера руля с целью увеличения устойчивости на курсе для полных судов не может быть рекомендовано.

Из результатов расчетов следует, что в варианте, наилучшем по поворотливости, удастся уменьшить диаметр циркуляции на 15%, а достигнутое улучшение устойчивости на курсе в лучшем варианте – мало (около 2%) и находится в пределах точности расчетов.

Полученные результаты должны быть подтверждены и уточнены по результатам испытаний самоходной модели данного судна, как то требуется Правилами Регистра.

Библиографический список (к Примеру)

- 1 Родионов Н.Н. Современные морские танкеры/Н.Н.Родионов.- Л.: Судостроение, 1980.-284с.
- 2 Логачев С.И. Морские танкеры/ С.И. Логачев.-Л.:Судостроение, 1970.-206с.
- 3 Российский Морской Регистр Судоходства. Правила по предотвращению загрязнения с судов. СПб, 2005.- 108с.
- 4.Российский Морской Регистр Судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Том 1.СПб, 2005.- 482с.



$\bar{\omega} = 2/(D/L)$	0,78	0,74	0,69	0,63	0,54	0,43
--------------------------	------	------	------	------	------	------

5.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА. ПОЗИЦИОННЫЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Таблица В.3 (Окончание)

$\frac{A_R}{Ld}$	Элементы Расчета	Δr° , при $AB/L*d = 0,0330$					
		35	30	25	20	15	10
0,0145	D/L	2,87	3,01	3,20	3,49	3,97	4,94
	D_T/L	3,51	3,63	3,81	4,07	4,51	5,39
	L_1/L	3,15	3,22	3,31	3,44	3,67	4,13
	L_2/L	1,68	1,74	1,83	1,96	2,18	2,61
	V/V_0	0,41	0,42	0,43	0,45	0,48	0,55
	$\bar{\omega} = 2/(D/L)$	0,70	0,66	0,63	0,57	0,50	0,41
0,019	D/L	2,71	2,85	3,04	3,33	3,81	4,78
	D_T/L	3,36	3,49	3,66	3,92	4,36	5,24
	L_1/L	3,07	3,14	3,23	3,37	3,59	4,05
	L_2/L	1,60	1,67	1,75	1,89	2,10	2,54
	V/V_0	0,40	0,41	0,42	0,44	0,47	0,54
	$\bar{\omega} = 2/(D/L)$	0,74	0,70	0,66	0,60	0,53	0,42

Цель работы:

1 Ознакомление со способами практического определения аэродинамических характеристик, используемых в расчете управляемости судна при ветре;

2 Ознакомление со способами практического определения позиционных гидродинамических характеристик корпуса судна при произвольных углах дрейфа.

Содержание работы:

- 1 Расчет коэффициентов аэродинамических сил при произвольных курсовых углах набегающего воздушного потока;
- 2 Расчет коэффициентов позиционных гидродинамических сил при произвольных углах дрейфа;

Техническое обеспечение :

- Компьютерный зал

Программное обеспечение:

ХаYaMa;

XbYbMb

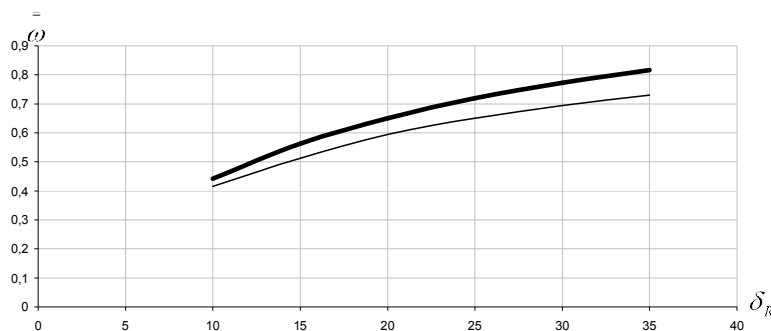
Теоретический раздел

В расчетах управляемости судов в штормовую погоду используются аэродинамические характеристики надводной части судна при произвольных углах натекания воздушного потока, а также позиционные гидродинамические характеристики корпуса при больших (произвольных) углах дрейфа.

Аэродинамические характеристики изучаются в курсе "Статика и динамика", ч.2. В настоящей работе они определяются по результатам работы программного комплекса ХаYaMa, реализующего математическую модель, созданную Ишервудом по результатам испытаний дублированных моделей надводных частей судов различных типов.

Руководство пользователем программой ХаYaMa прилагается.

Позиционные гидродинамические характеристики судов могут быть получены путем испытаний моделей судов в опытовом бассейне, либо пу-

Рисунок В.3 – Диаграмма управляемости лучшего по поворотливости варианта $AB/L*d = 0$, $AR/L*d = 0,019$

тем испытания дублированных моделей подводных частей судов в аэродинамических трубах.

В настоящей работе используются результаты испытаний Анисимовой Н. И., проведенных в аэродинамической трубе. Аппроксимация результатов этих испытаний, выполненная И.П. Мелкозеровой, реализована программно в XbYbMb. Руководство пользователя программой XbYbMb прилагается.

Контрольные вопросы

1. Модели надводных частей судов в испытаниях Ишервуда имели ограниченный диапазон вариации геометрических характеристик. Какие другие способы приближенного определения аэродинамических характеристик судов Вы знаете?
2. Укажите известные Вам источники, содержащие данные по аэродинамическим характеристикам судов?
3. Как расположена вертикальная ось, относительно которой определяется момент аэродинамических сил по Ишервуду?
4. Следует ли учитывать различия в способах представления результатов аэродинамических испытаний в различных аэродинамических лабораториях и способах представления соответствующих данных в расчетах управляемости?

сунках В.3 и В.4.

Видно, что при изменении углов перекадки руля от 10° до 35° не обнаруживается наличие «второй критической точки» диаграммы управляемости. Поэтому увеличением площади пера руля, хотя и приводит к увеличению поворотливости данного судна, но не улучшает устойчивости на курсе. Увеличение площади бульба действует аналогично, что можно объяснить уменьшением интенсивности системы скуловых вихрей и повышению эффективности руля и кормового дейдвуда за счет соответствующего уменьшения интенсивности вихреобразования в корме судна

Таблица В.3

$\frac{A_R}{Ld}$	Элементы Расчета	Δr° , при $AB/L \cdot d = 0$					
		35	30	25	20	15	10
0,0145	D/L	2,61	2,75	2,94	3,23	3,72	4,68
	D_T/L	3,27	3,40	3,57	3,84	4,28	5,16
	L_1/L	3,03	3,09	3,18	3,32	3,55	4,01
	L_2/L	1,56	1,62	1,71	1,84	2,06	2,58
	V/V_0	0,39	0,40	0,41	0,43	0,47	0,53
	$\omega = 2/(D/L)$	0,77	0,73	0,68	0,62	0,54	0,43
0,019	D/L	2,45	2,59	2,78	3,07	3,55	4,52
	D_T/L	3,13	3,25	3,43	3,69	4,13	5,01
	L_1/L	2,95	3,02	3,11	3,25	3,47	3,93
	L_2/L	1,49	1,55	1,64	1,77	1,99	2,42
	V/V_0	0,38	0,39	0,40	0,42	0,45	0,52
	$\omega = 2/(D/L)$	0,82	0,77	0,72	0,65	0,56	0,44

Таблица В.3 (Продолжение)

$\frac{A_R}{Ld}$	Элементы Расчета	Δr° , при $AB/L \cdot d = 0,0165$					
		35	30	25	20	15	10
0,0145	D/L	2,74	2,88	3,07	3,36	3,84	4,81
	D_T/L	3,39	3,52	3,69	3,95	4,39	5,27
	L_1/L	3,09	3,15	3,25	3,38	3,61	4,07
	L_2/L	1,62	1,68	1,77	1,98	2,12	2,56
	V/V_0	0,40	0,41	0,42	0,44	0,47	0,54
	$\omega = 2/(D/L)$	0,73	0,69	0,65	0,60	0,52	0,42
0,019	D/L	2,58	2,72	2,91	3,20	3,68	4,65
	D_T/L	3,24	3,37	3,54	3,81	4,25	5,13
	L_1/L	3,01	3,08	3,17	3,31	3,53	3,99
	L_2/L	1,55	1,61	1,70	1,83	2,05	2,48
	V/V_0	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46	0,53

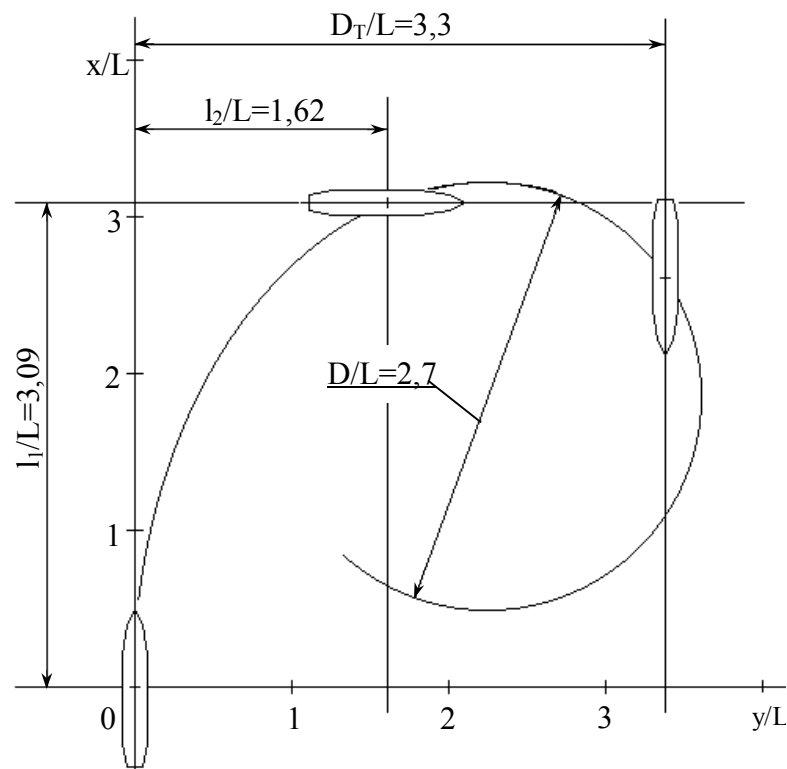


Рисунок В.2 – Циркуляция судна исходного варианта

5 Параметры управляемости судна при вариациях $AB/L \cdot d$, $AR/L \cdot d$

Предварительный анализ показывает, что при изменениях $AB/L \cdot d$, $AR/L \cdot d$ в реальных пределах параметры диаграммы управляемости изменяются монотонно, поэтому расчет управляемости выполнен для вариаций $AB/L \cdot d$, $AR/L \cdot d$ от значений исходного варианта до крайних, встречающихся у данного типа судов, значений, а именно:

- по $AB/L \cdot d$ - от 0 до $0,033$;
- по $AR/L \cdot d$ - от $0,0145$ до $0,019$.

Результаты счета по TURN_2 представлены в таблице В.3.

Диаграммы управляемости для двух вариантов (наилучшего по поворотливости и наилучшего по устойчивости на курсе) приведены на ри-

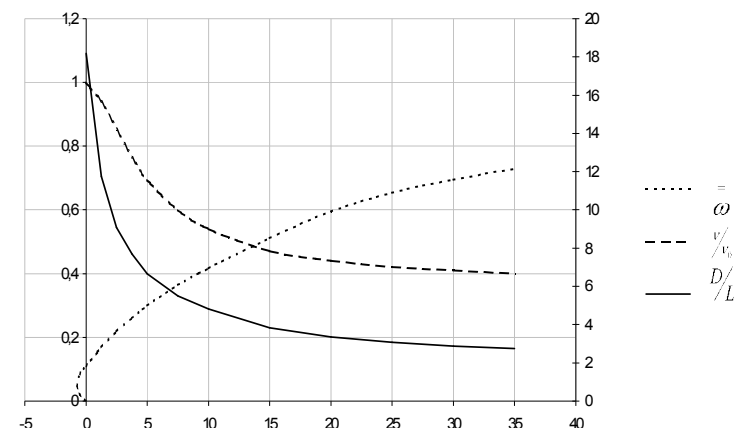
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашик В.В. Проектирование судов: Учебник / В.В. Ашик. - Л.: Судостроение, 1985. - 320с.
2. Барабанов Н. В. Особенности проектирования конструкций морских лесовозов / Н. В. Барабанов, Ю.Г. Рыбалкин. - Л.: Судостроение, 1986. - 260с.
3. Богданов Б.В. Буксирные суда. Проектирование и конструкция / Б.В. Богданов, А.В. Слущкий, М.Г. Шмаков. - Л.: Судостроение, 1974. - 280с.
4. Гурович А.Н. Проектирование спасательных и пожарных судов / А.Н. Гурович, А.А. Родионов. - Л.: Судостроение, 1971. - 286с.
5. Желязков Ж.К. Комбинированные суда для перевозки нефти и навалочных грузов / Ж.К. Желязков. - Л.: Судостроение, 1976. - 200с.
6. Лайнер С.В. Морские сухогрузные суда / С.В. Лайнер. - Л.: Судпромгиз, 1957. - 284.
7. Каштелян В.И. Ледоколы / В.И. Каштелян, А.Я. Рывлин, О.В. Фаддеев. - Л.: Судостроение, 1972. - 288с.
8. Линдبلاد А. Проектирование обводов транспортных судов / А. Линдبلاد. - Л.: Судостроение, 1965. - 128с.
9. Логачев С.И. Морские танкеры / С.И. Логачев. - Л.: Судостроение, 1970. - 206с.
10. Мирошниченко И.П., Лимонов Э.Л. Быстроходные грузовые лайнеры / И.П. Мирошниченко, Э.Л. Лимонов. - Л.: Судостроение, 1969. - 280с.
11. Сидорченко В.Ф. Морские буксиры и их операции / В.Ф. Сидорченко. - Л.: Судостроение, 1986. - 240с.
12. Сидорченко В.Ф. Суда-спасатели и их служба / В.Ф. Сидорченко. - Л.: Судостроение, 1983. - 240с.
13. Холоша В.И. Проектирование и эксплуатация сухогрузных судов / В.И. Холоша. - Л.: Судостроение, 1984. - 216с.
14. Справочник по теории корабля. В 3-х т. Т.1 / Под ред. Я.И. Войткунского. - Л.: Судостроение, 1985. - 768с.
15. Справочник по теории корабля. В 3-х т. Т.3 / Под ред. Я.И. Войткунского. - Л.: Судостроение, 1985. - 544с.
16. Российский Морской Регистр Судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Т.1 / Российский Морской Регистр Судоходства. - СПб.: 2005. - 482с. (ч. III)
17. Гофман А. Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна: Справочник / А. Д. Гофман. - Л.: Судостроение, 1988. - 360с.
18. International Maritime Organization. Standards for Ship Manoeuvrability. Resolution MSC.137(76) adopted on 5 December 2002. -

London

19. Кацман Ф. М. Конструирование винто-рулевых комплексов морских судов / Ф. М.Кацман, Г.М.Кудреватый.-Л.: Судостроение, 1974.-376 с.
20. Lyster C. F., Knight H. L. Prediction equation for ship turning circles. Tr. N. E. Coast Inst. Eng. and Shipbuild. 1979.
21. Российский Морской Регистр Судоходства. Правила классификации и постройки морских судов.Т.1 / Российский Морской Регистр Судоходства.-СПб.: 2005.- 482с. (ч.II)
22. Соболев Г. В. Управляемость корабля и автоматизация судовождения / Г. В. Соболев.-Л.:Судостроение, 1976.-476с.
23. Трещевский В.Н. Аэродинамический эксперимент в судостроении / В.Н. Трещевский, Л.Д. Волков, А.И. Короткин.-Л.:Судостроение, 1976.-192с.
24. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ / Т.Шуп.-М.:Мир,1982.-238с.

$\bar{\omega} = 2/(D/L)$	<u>0,730</u>	<u>0,694</u>	<u>0,651</u>	<u>0,595</u>	<u>0,521</u>	<u>0,416</u>
--------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------



P

Рисунок В. 1 – Диаграмма управляемости исходного варианта

Кривые на рисунке В.1 экстраполированы в область малых углов перекладки (меньше 10°).

Как видно из рассмотрения таблицы В.2 и рисунка В.1, судно в исходном варианте обладает хорошей поворотливостью (относительный диаметр циркуляции при руле, переложеном на борт, составляет

$\left. \frac{D}{L} \right|_{\delta_R=35^\circ} = 2,74 < 4$) и приемлемой устойчивостью на курсе (относительный диаметр циркуляции при непереложеном руле

$\left. \frac{D}{L} \right|_{\delta_R=0^\circ} = 18,22 > 6,7 \cdot \left. \frac{D}{L} \right|_{\delta_R=35^\circ} = 6,7 \cdot 2,74 = 18,4$, а ширина петли

диаграммы управляемости не превышает $1,5^\circ$, тогда как по [6] для судов длиной более 100 м с $\frac{L}{v_0} = 30,69$ с допустимо иметь ширину

петли $\frac{1}{3} \frac{L}{v_0} = 10,2^\circ$.

Циркуляция судна при руле, переложеном на борт на 35° , изображена на рисунке В.2.

валами допустимого изменения соответствующих параметров в TURN_2, значения всех параметров судна входят в интервалы применимости регресс-функций, полученных Lyster C.F., Knights H.L., что позволяет применить эти функции для оценки управляемости данного судна.

3 В качестве варьируемых параметров в данной задаче рассматриваются:

- относительная площадь выступающей за носовую перпендикуляр части диаметрала $AB/L \cdot d$;
- относительная площадь руля $AR/L \cdot d$.

По данным статистики [5] для танкеров $AR/L \cdot d = 0,013 - 0,019$, а $AB/L \cdot d$ обычно больше нуля, т.е. судно имеет бульбовую носовую оконечность.

Вариации параметров должны выполняться в интервалах применимости регресс-функций.

Таблица В.1 - Проверка применимости регресс-функций [6]

□Характеристика	Значения	
	Интервал	Факт
L/B	5.56..9.10	<u>6,893</u>
Cb	0.56..0.87	<u>0,813</u>
(da - df)/L	0 ..0.05	<u>0</u>
AB/L*d	-0.11..0.04	<u>0,0165</u>
Число рулей NR	1	<u>1</u>
AR/L*d	0.01..0.04	<u>0,0145</u>
Vso/√L	0.36..1.81	<u>0,942</u>
Δг, градусы	10 .. 45	<u>10 .. 35</u>

4 Судно в исходном варианте

Результаты оценки параметров управляемости по TURN_2 в исходном варианте представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица В.2 $AB/L \cdot d = 0,0165$, $AR/L \cdot d = 0,0145$

Параметры циркуляции	Угол перекладки руля, градусы					
	35	30	25	20	15	10
D/L	<u>2,74</u>	<u>2,88</u>	<u>3,07</u>	<u>3,36</u>	<u>3,84</u>	<u>4,81</u>
D _T /L	<u>3,39</u>	<u>3,52</u>	<u>3,69</u>	<u>3,95</u>	<u>4,39</u>	<u>5,27</u>
L ₁ /L	<u>3,09</u>	<u>3,15</u>	<u>3,25</u>	<u>3,38</u>	<u>3,61</u>	<u>4,07</u>
L ₂ /L	<u>1,62</u>	<u>1,68</u>	<u>1,77</u>	<u>1,98</u>	<u>2,12</u>	<u>2,56</u>
V/V ₀	<u>0,40</u>	<u>0,41</u>	<u>0,42</u>	<u>0,44</u>	<u>0,47</u>	<u>0,54</u>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВМЕСТИМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМЫ КОРПУСА, ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ И СКОРОСТИ ХОДА СУДОВ

User's Guide Shipver3

Shipver3

(с) В.Г.Зиньковский-Горбатенко, 1998..2001

Программа Shipver3 дает статистические оценки главных размерений, коэффициентов полноты, абсциссы центра величины и полуугла входа ватерлинии (см. статью В.Г.Зиньковского-Горбатенко под тем же названием в сб. "Применение математических методов в проектировании судов для освоения шельфа. Вып.1. Севастополь, 1989.) для двух групп судов.

К судам первой группы отнесены суда, для которых основной эксплуатационной характеристикой является грузоместимость (суда типа vessel); к судам второй группы отнесены суда, для которых такой характеристикой является полезная площадь палуб (суда типа ship).

Статистически значимыми параметрами, определяющими перечисленные характеристики судов первой группы, являются:

- водоизмещение V, куб.м,
- скорость хода Vs, узл.;
- отношение ширины к осадке B/d,

а для судов второй группы:

- водоизмещение V;
- скорость хода Vs,
- габарит L*B,

характеризующий размер судна в плане.

Статистический анализ позволил ранжировать X - характеристики судов в порядке уменьшения влияния принятого значения каждой характеристики на интервалы изменения последующих.

Каждая из искоемых величин X является случайной. Статистические оценки значений X представляются в виде

$$X_i, X_m, X_s,$$

где X_m - значение медианной функции регрессии, а X_i, X_s - нижняя и верхняя границы (децили) эмпирического распределения.

Программа вычисляет указанные три оценки текущей X и предлагает выбрать определенное значение X, используемое для оценок последующих характеристик.

Принимается в проекте (и, следовательно, в дальнейшем рас-

чете) значения X вводятся по запросу программы и учитываются алгоритмом программы при получении оценок последующих характеристик судна.

Программа содержит данные по следующим типам судов:

пассажирское,
сухогруз универсальный,
накатное,
лихтеровоз,
танкер,
нефтерудовоз,
лесовоз,
траулер,
буксир,
ледокол.

Исходные сведения по проектируемому судну включают:

- назначение судна;
- вариант загрузки;
- категорию ледовых усиления.

Как уже сказано, характеристики судна, определяемые программой по статистическим данным, ранжированы в порядке убывания влияния текущей характеристики на последующие.

После ввода входной информации программа вычисляет статистические характеристики длины судна

$$L_i =, L_m =, L_s =$$

и предлагает указать принятое значение длины судна.

Затем следует информация для справки о полученном числе Фруда – важной характеристики ходкости судна:

"Принятому значению L соответствует $Fr =$ ".

Далее выводятся статистические C_b :

$$C_{bi} =, C_{bm} =, C_{bs} =$$

и предлагается указать принятое значение $C_b =$.

Затем вычисляются статистические C_w :

$$C_{wi} =, C_{wm} =, C_{ws} =,$$

далее, аналогично предыдущим этапам получения оценок, предлагается указать принятое значение $C_w =$.

Принятым значениям C_b и C_w соответствуют статистические C_m :

$$C_{mi} =, C_{mm} =, C_{ms} =.$$

После выбора C_m определяются статистические $100 \cdot X_c/L$:

$$(X_c/L)_i =, (X_c/L)_m =, (X_c/L)_s =$$

После указания принятого значения $100 \cdot X_c/L$ вычисляются по принятым значениям B , L и C_w соответствующие статистические полуугла входа ватерлинии i_e , в градусах

$$(i_e)_i =, (i_e)_m =, (i_e)_s =$$

После выбора принятого значения i_e следует ряд служебных вопросов. Затем предлагается документировать расчет.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ «ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ САМОХОДНЫХ МОДЕЛЕЙ»

Задание

Исследовать управляемость на тихой воде танкера для перевозки сырой нефти, имеющего неограниченный район плавания, категорию ледовых усиления ЛУ2 и перечисленные ниже характеристики корпуса и рулевого устройства:

- длина по ватерлинии $L = 221$ м
- ширина $B = 32,06$ м
- осадки - на миделе $d = 11,5$ м
- кормой $d_A = 11,5$ м
- носом $d_F = 11,5$ м
- водоизмещение $\Delta = 67900$ т
- коэффициент общей полноты $C_B = 0,813$
- площадь выступающей за носовую перпендикуляр части диаметрала $AB = 42,05$ м²;
- скорость хода $V = 14$ узл;
- число гребных валов $NS = 1$;
- тип руля полуподвесной;
- число рулей $NR = 1$;
- площадь руля $AR = 36,74$ м².

1. Ознакомление с материалами по проектированию танкеров [1, 2, 3] показывает, что танкера с коэффициентом полноты $C_B > 0,8$ обладают повышенной устойчивостью на курсе, а Правила Регистра [4] для судов с $C_B > 0,75$ при водоизмещении $\Delta > 60000$ т требуют подтверждения модельными испытаниями выполнения условий

$$D/L \leq 4; D_C/L \geq 6,7 \cdot D/L,$$

где D_C – диаметр самопроизвольной циркуляции при непереложеном руле.

Указанные требования и должны быть проверены в первую очередь.

2. Данным Задания соответствуют значения параметров, используемых в программе TURN_2, которые приведены ниже в таблице 1.

Как видно из сравнения параметров рассматриваемого судна с интер-

Далее программа предлагает повторить расчет при другом значении угла перекладки δ_r и/или при другом значении площади пера руля $A_r/L \cdot d$

Результаты расчета предлагается выдать на принтер.

Затем следует предложение продолжить расчет для других исходных данных

Вывод на печать содержит название программы и копирайт. Затем выводятся следующие данные и результаты:

Судно -
 Назначение -
 Вариант загрузки -
 Категория ледовых усилений - ;
 Расчетные характеристики судна
 Водоизмещение V , куб.м;
 Скорость хода v_s , узл';
 Длина судна L , м ;
 Ширина B , м ;
 Осадка d , м ;
 Коэффициент полноты водоизмещения C_b ;
 Коэффициент полноты ватерлинии C_w ;
 Коэффициент полноты миделя C_m
 Относительная абсцисса ЦВ $100X_c/L$;
 Полуугол входа ВЛ, град ie ;

Полученные характеристики судна являются статистически совместимыми, и могут использоваться не только в учебных целях, но и на начальных этапах реального проектирования, поскольку работа программы построена на неформальном статистическом анализе большого числа данных по судам различных типов. В частности, использованы данные по судам, приведенные выше в библиографическом списке [см. 1 - 13].

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТОВ ЦИРКУЛЯЦИИ
СУДНА

Руководство пользователя

TURN-2
(User's Guide)

'turn_2 (с) В.Г.Зиньковский-Горбатенко, 1998..2002

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТОВ ЦИРКУЛЯЦИИ
СУДНА(по Lyster C.F., Knights H.L. Prediction equation for ship turning
circles. Tr.N.E.Coast Inst.Eng. and Shipbuild. 1979)

Программа вычисляет относительные значения:

- диаметра установившейся циркуляции D/L ,
- тактического диаметра циркуляции Dt/L ,
- выдвиг $l1/L$,
- прямого смещения $l2/L$,
- скорости на установившейся циркуляции V/Vo

для судов, основные характеристики которых приведены далее в таблице.

В этой таблице:

- $AB/L*d$ - относительная площадь выступающей за носовой перпендикуляр части диаметрали (так что носовой подрез вводит отрицательную "выступающую" площадь);
- Vso - скорость судна на прямом курсе в узлах;
- da, df - осадки носом и кормой, соответственно, м;
- Ar - площадь рулей, кв.м;
- δ_r - расчетный угол перекладки рулей, градусы.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДОВАННЫХ СУДОВ

Характеристика	Число валов Zp	
	1	2
L/B	5.56..9.10	5.00..12.5
Cb	0.56..0.87	0.42..0.68
$(da - df)/L$	0 ..0.05	-0.01..0.03
$AB/L*d$	-0.11..0.04	-0.10.. 0
Число рулей NR	1	1 .. 2
$AR/L*d$	0.01..0.04	0.01..0.02
$Vso/\sqrt{L}$	0.36..1.81	0.45..3.98
Δr , градусы	10 .. 45	10 .. 35

Подготовьте данные по указанным в таблице характеристикам, а также выберите:

- для одновинтового судна - тип руля (простой за рудерпостом, подвесной, полубалансирный)
- для двухвинтового судна - число рулей.

Если Вы готовы к работе, то последует ряд запросов:

«Укажите

тип проектируемого судна:
назначение судна:
вариант загрузки:
категорию ледовых усилений:

Введите: число валов $Zp =$.Далее вводятся значения $L/B =$ $Cb =$ $(da - df)/L =$ $AB/L*d =$

Выполняется проверка применимости функций регрессии по указанным параметрам.

В случае положительного результата для $Zp = 1$ требуется указать тип руля:

- простой, за рудерпостом(1),
- подвесной(2),
- полубалансирный(3).

При $Zp = 2$ запрашивается число рулей $NR =$
и их площадь $Ar =$

После проверки применимости способа вводится относительная скорость $Vso/\sqrt{L} =$

и, после проверки применимости по относительной скорости, вводится расчетный угол перекладки руля ($\delta_r \geq 10^\circ$) $\delta_r =$

Затем выполняется расчет элементов циркуляции. Результаты выводятся на экран.

ЭЛЕМЕНТЫ ЦИРКУЛЯЦИИ

Элемент	Значение
Диаметр установ. цирк. D/L	
Тактический диаметр Dt/L	
Выдвиг $l1/L$	
Прямое смещение $l2/L$	
Скорость на циркуляции V/Vo	
Относительная угловая скорость на циркуляции $\omega L/v$	