

[4] УР 212.004.012-00. ДРК серийных сухогрузных судов. Общие технические условия на ремонт/ Минтранс России Федеральная служба речного флота ФГУП ЦКБ НПО «Судоремонт». – Н. Новгород: НПО «Судоремонт», 2000. – 242 с.

**Ю.А. Кочнев**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ГЛАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУХОГРУЗНЫХ СУДОВ

Рассмотрены особенности математической модели автоматизированного проектирования сухогрузных судов внутреннего и смешанного (река море) плавания. Представлена общая постановка задачи оптимизации главных размерений на начальном этапе проектирования. Приведён графический результат исследования влияния коэффициента полноты на критерий эффективности, в качестве которого принята относительная прибыль судна.

На начальном этапе проектирования одной из важнейших задач является определение основных элементов судна. Далеко не всегда эта задача сводится к выбору максимально возможных размерений. От того насколько обосновано они будут рассчитаны зависит качество спроектированного транспортного объекта.

К оптимизируемым на начальном этапе проектирования элементам и характеристикам танкера относятся: длина между перпендикулярами  $L$ , ширина  $B$ , осадка  $T$ , высота борта  $H$ , коэффициент общей полноты  $\delta$ .

На величины приведённых элементов влияют характеристики перевозимых грузов, особенности линии эксплуатации и величина грузопотоков.

Математически судно может быть описано некоторой системой уравнений и неравенств, отражающих взаимосвязь между его элементами, характеристиками и различными ограничениями, вызванными требованиями к его эксплуатации и нормативными актами.

Пусть о судне известны величины, определённые при решении внешней задачи проектирования и входящие в вектор  $X$ . Необходимо найти такие значения длины, ширины, высоты борта и др., чтобы функция цели в виде прибыли достигала максимума, и выполнялись ограничения:

$$\begin{cases} k_{opt} = f_1(X, X_1, X_2, X_3) \rightarrow \min(\max) \\ X_1 \in X_4 \\ X_2 \in X_4 \end{cases}, \quad (1)$$

где  $X_1$  – вектор неизвестных;

$X_2$  – вектор параметров;

$X_3$  – вектор требований нормативных документов к танкеру.

Примерами таких ограничений, как в строгой, так и в нестрогой форме могут служить уравнения масс и плавучести, грузовместимости, ходкости, остойчивости и т.д., подробно рассмотренные в [1,2].

Подобная задача может решаться вариационным методом с использованием *PC* (*personal computer*).

Блок-схема решения подобной задачи представлена на рис. 1. Математическая модель, реализуемая представленным алгоритмом, подробно была нами разработана и описана для танкера смешанного (река-море) плавания [1, 3]. Она претерпела ряд изменений, в основном в области расчёта водоизмещения, а именно массы металлического корпуса.

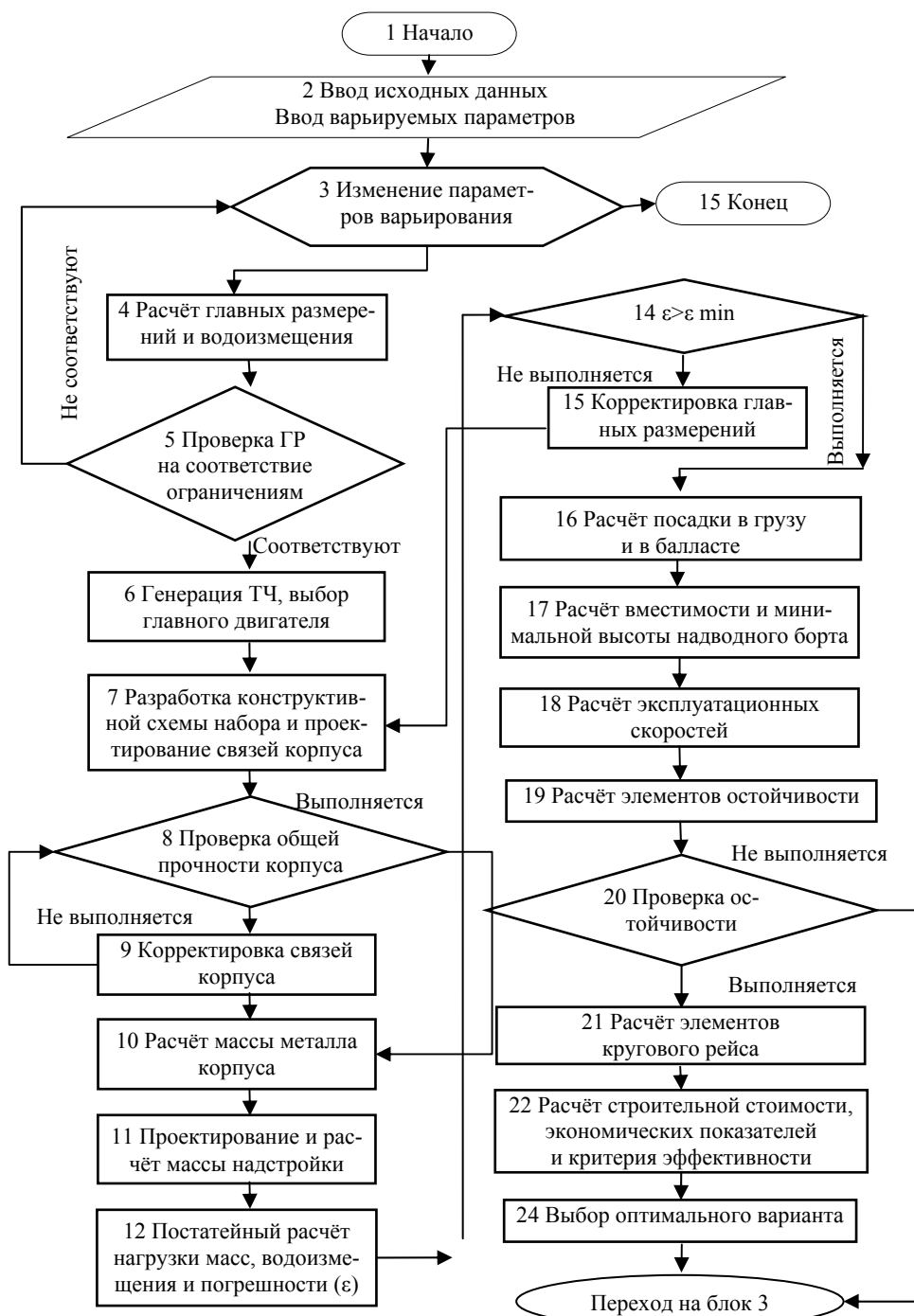


Рис. 1. Блок-схема оптимизации главных размерений сухогрузного судна

Сухогрузные суда характеризуются большим раскрытием палубы и, в ряде случаев для обеспечения вместимости, развитым комингсом грузовых люков, которые могут приводить к появлению дополнительной палубы в районе трюмов. Эти обстоятельства и необходимо учесть при автоматизированном проектировании современных грузовых судов.

При определении массы металлического корпуса в блоке 7 учтено отсутствие палубы над грузовыми трюмами и наличие продольных и поперечных комингсов.

В блоке 15 выполняется корректировка главных размерений, при которой учитывается заданное проектантом решение об обеспечении вместимости либо за счёт увеличения надводного борта либо комингса.

По разработанной математической модели, в качестве примера, произведены систематические расчёты и выполнено исследование влияния коэффициента общей полноты на эффективность эксплуатации судна. Рассмотрены два варианта задачи проектирования судна заданной грузоподъёмности и проектирование сухогруза на максимальную грузоподъёмность. Результаты приведены на рис. 2.

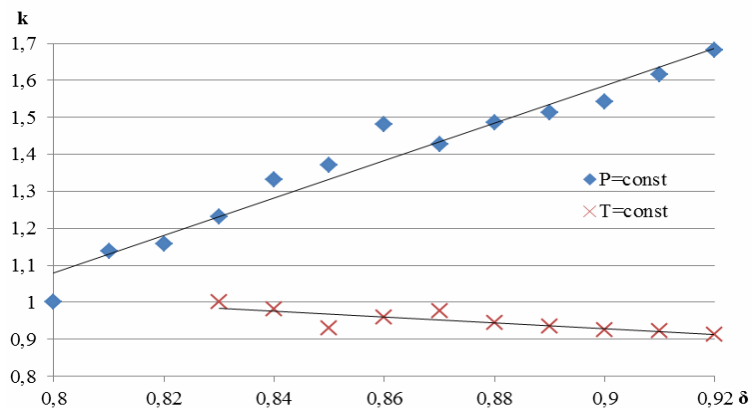


Рис. 2. Влияние коэффициента общей полноты на эффективность сухогрузного судна

Критерием оптимизации принят относительная прибыль судна в виде:

$$k = \frac{P_i}{P_6}, \quad (1)$$

где  $P_i$  – прибыль  $i$ -ого судна;

$P_6$  – прибыль базового судна, за которое принят первый расчётный вариант.

Из графиков рисунка 2 видно, что с ростом коэффициента общей полноты для сухогруза, проектируемого на постоянную грузоподъёмность, коэффициент эффективности снижается. Иная картина наблюдается для судна с заданной осадкой: рост  $\delta$  в этом случае приводит к повышению эффективности. Полученный результат подтверждает опыт проектирования последних лет, когда для судов внутреннего плавания стремятся увеличивать грузоподъёмность, за счёт принятия максимально возможных главных размерений и коэффициента общей полноты.

**Список литературы:**

[1] Кочнев Ю.А. Оптимизация элементов танкера на ранней стадии проектирования. // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева/НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2010, №4(83). – с. 166–173.  
 [2] Роннов Е.П. Проектирование судов: в 2 ч: учеб. пособие / Е.П. Роннов. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009. – 288 с.

[3] Кочнев Ю.А. Математическая модель расчёта массы танкера смешанного (река–море) плавания. Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. – 2010. – №1. – С. 7–12.

**Ю.А. Кочнев**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## **РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ AUTOCAD ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Рассмотрено расширение возможностей AutoCAD на начальных этапах проектирования судна с применением среды Auto Lisp и Visual Lisp. Приведён пример разработанных приложений.

Возможности графического пакета AutoCad постоянно расширяются. В настоящее время можно говорить о том, что это не просто продукт для 2D или 3D черчения, а современный САПР, позволяющий решать задачи проектирования. При этом речь идёт именно о «пустом» AutoCad, а не о специализированных продуктах Autodesk, возможности которых в этом направлении куда более обширные (Inventor, Mechanical Desktop).

Поскольку AutoCad является САПРом «низшего» уровня, он работает с общими объектами и примитивами (прямая, луч, отрезок и т.д.), не относящимися к конкретным реальным конструкциям судна. Специализированный САПР оперирует проектируемыми элементами (полособульб, обшивка, корпус и т.д.). При этом AutoCad имеет аппарат, позволяющий адаптировать его к решению необходимых задач.

Одним из примеров такой адаптации является приложение на основе AutoCad – ShipConstruction для проектирования конструкции корпуса судна [1]. Конечно можно говорить, что имеются более специализированные программные продукты для выполнения подобных работ, но у них имеется основной недостаток – высокая стоимость и как правило необходимо наличие того же AutoCada или КОМПАСа для окончательного оформления чертежей.

К тому же работе не посредственно с конструкцией судна, трубопроводами и прочим оборудованием предшествует разработка теоретического чертежа, определение элементов начальной остойчивости и плавучести, проверка остойчивости и непотопляемости, разработка чертежа общего вида и расположения судна. Все эти виды расчётов и создания чертежей можно осуществлять автоматизировано в AutoCad.

Можно выделить следующие преимущества такого использования:

1. Возможность визуального контроля плавности обводов корпуса;
2. Более точная аппроксимация обводов корпуса при расчёте остойчивости непотопляемости и элементов теоретического чертежа. Задание формы шпангоутов и ватерлиний осуществляется с помощью сплайнов, которые исключают потери или завышения объёмов, из-за линейной интерполяции между точками.
3. Представление результатов расчётов как в табличном, так и в графическом виде (построение кривых элементов теоретического чертежа и диаграмм статической и динамической остойчивости), что снижает трудовые и временные затраты времени;
4. Отсутствие дополнительных узкоспециализированных программ;
5. Владение AutoCad большого числа пользователей.

Одним из способов реализации всех этих возможностей является применение языка Autolisp и написание на нём приложений, позволяющих решать интересующие задачи [2].