

Недостаток расчета – не учтена концентрация напряжений.

**Список литературы:**

- [1] СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 32 с.  
[2] Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (без предварительного напряжения) к СНиП 2.06.08-87/ Гидропроект им. С.Я. Жука, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – М.: ВНИИГ, 1991. – 276 с.

**Е.П. Роннов, В.В. Анисимова**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ОБСТАНОВОЧНЫХ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ**

Для разездов бригады обстановочной службы по обслуживаемому участку водного пути в ее распоряжение предоставляется приспособленное для этой цели обстановочное судно. В процессе проектирования для каждого конкретного участка можно получить суда с различными вариантами главных размерений и характеристик. Среди них необходимо выделить теплоход с такими элементами и характеристиками, с которыми он наиболее эффективно выполнит все возложенные на него функции.

Задача может быть сформулирована в следующем виде: при известном векторе исходных данных  $Y$  найти компоненты вектора  $F(X, Y, Q)$  ( $X$  – совокупность варьируемых параметров;  $Q$  – совокупность определяемых главных элементов и характеристик обстановочного судна), при котором выполняемая за навигацию обязательная и дополнительная работа будет сделана с наибольшей экономической эффективностью, т.е. чтобы функция цели (критерий эффективности достигал экстремума [1]):

$$k_{opt} = f(Y, X, Q) \rightarrow \min(\max) \quad (1)$$

При этом должны выполняться ограничения, определяемые условиями эксплуатации обстановочного судна, требованиями заказчика, нормативными документами, правилом Российского Речного Регистра, а также пределами изменений выражений, описывающих математическую модель судна. Ограничения накладываются в виде строгих равенств, или неравенств.

Примерами таких ограничений могут быть:

– условие выполнения всех видов обязательных работ по обслуживанию судоходной обстановки на всех закрепленных участках  $i \in Y$

$$\sum_i \sum_q n_i \cdot Z_{qi} = \sum_i M_i \quad (2)$$

где  $n_i$  – количество знаков судоходной обстановки на  $i$ -ом закрепленном участке, обслуживаемом одним судном;

$Z_{qi}$  – количество судов  $q$ -го с характеристиками, соответствующими варьируемому параметрам  $X$ , работающих на  $i$ -ом участке.

$M_i$  – общее количество обслуживаемых знаков судоходной обстановки на  $i$ -ом закрепленном участке;

– условие выполнения всех обязательных и дополнительных работ за навигацию на  $i$ -ом участке

$$\sum_s t_s + \sum_c t_c = t_{эi} \quad , \quad (3)$$

где  $t_{эi}$  – продолжительность навигации на  $i$ -ом участке;

$t_s$  – время необходимое на выполнение обязательной работы  $s$ ;

$t_c$  – время необходимое на выполнение  $c$ -й дополнительной работы.

Вектор определяемых элементов и характеристик должен удовлетворять:

– уравнению масс

$$D(X, Q) - \sum P_i(X, Q) = 0 ; \quad (4)$$

– уравнению масс и плавучести

$$D(X, Q) - \rho \cdot V(X, Q) = 0 ; \quad (5)$$

– уравнению ходкости

$$(\sum R(X, Q)) \cdot \eta^{-1} = N ; \quad (6)$$

– уравнению вместимости

$$S(n_i) \leq S_{\Pi}(X, Q) ; \quad (7)$$

– уравнению остойчивости

$$h_0(X, Q) \geq h_{\min} ; \quad (8)$$

– эксплуатационным требованиям,

осадка судна не должна превышать максимально допустимую осадку на заданной линии эксплуатации

$$T(X, Q) \leq T_{\max} . \quad (9)$$

Исходными данными при решении задачи (вектор  $Y$ ) являются: характеристики участков обслуживания, типоразмер и масса перевозимых средств навигационного оборудования, данные для экономических расчетов.

Варьируемыми параметрами (вектор  $X$ ):  $x_1 = n_{\text{бс}}$  – количество перевозимых на судне буюв;  $x_3 = V$  – скорость хода судна;  $x_5 = a$  – признак архитектурно-конструктивного типа.

В качестве критерия эффективности могут быть годовые эксплуатационные затраты, приведенные затраты, строительная стоимость, расходы на топливо, себестоимость содержания в сутки и т.д.

На рис. 1 приведена укрупненная блок-схема алгоритма решения задачи оптимизации элементов и характеристик обстановочных судов внутреннего плавания.

Математическая модель задачи оптимизации и блок-схема алгоритма ее решения позволили разработать программный продукт, благодаря которому можно получить оптимальные элементы и характеристики обстановочного судна для заданного участка обслуживания.

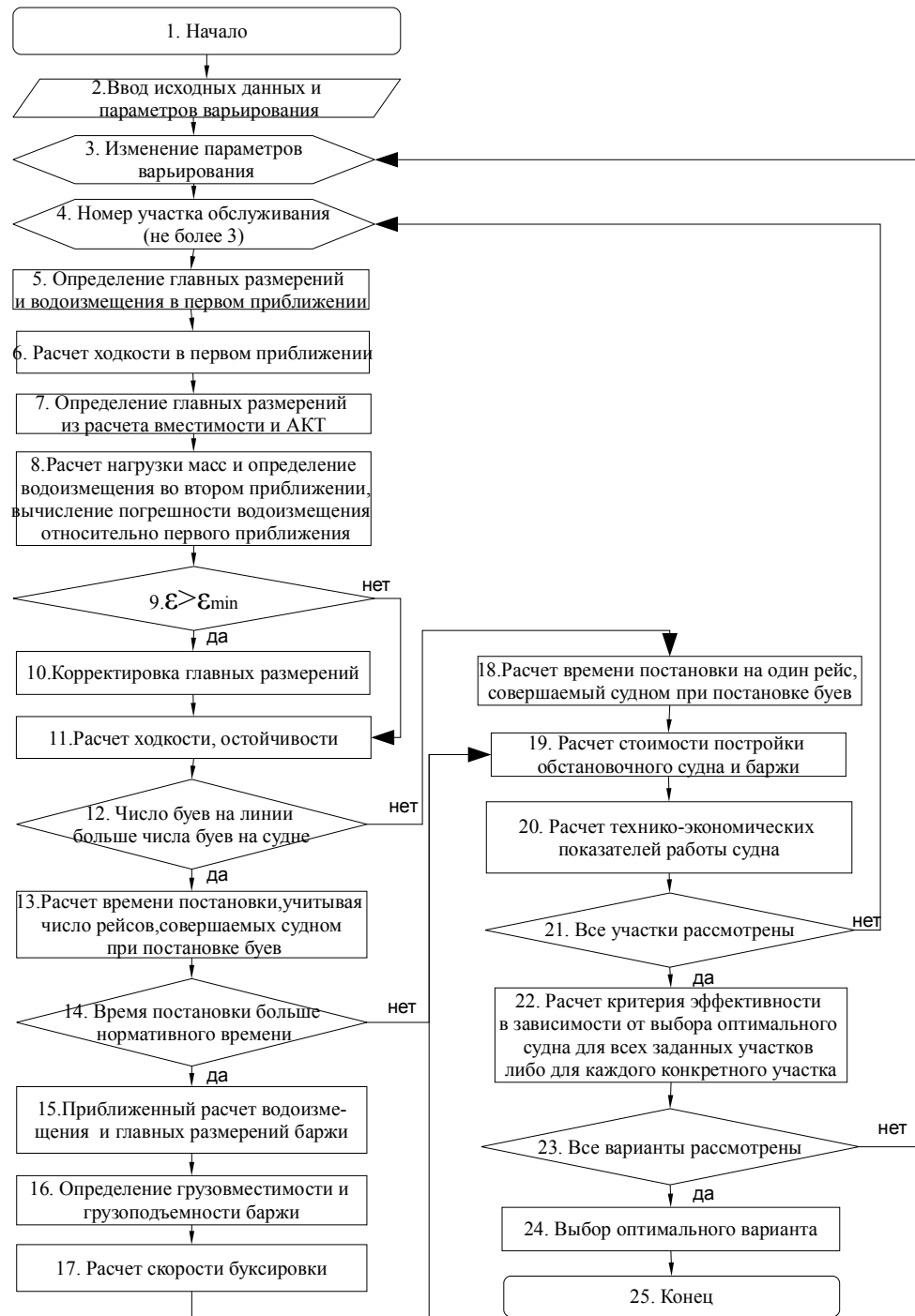


Рис. 1. Блок-схема алгоритма решения задачи оптимизации главных элементов и характеристик обстановочного судна внутреннего плавания

Для оценки адекватности разработанной модели рассчитаны проекты пяти судов. За исходными данными были приняты: архитектурно-конструктивный тип, число и типоразмер перевозимых буев, скорость хода, длина трюма, число спальных мест в корпусе.

В таблице 1 приведены относительные ошибки полученных расчетных значений. Из нее можно видеть, что относительная погрешность определения всех представленных элементов и характеристик проектов судов не превышает 5%. Такая точность считается вполне допустимой для определения главных размерений и основных характеристик на начальной стадии проектирования, учитывая еще и то что значение полученной погрешности определяется суммой ошибок результатов расчетов по отдельным подсистемам судна, приведенным в [2, 3].

Положительные результаты проверки адекватности позволяют сделать вывод о возможности использовать разработанную математическую модель для решения основных проектных задач на этапе концептуального проектирования.

Таблица 1

**Относительная погрешность расчетных значений элементов и характеристик обстановочных судов**

Элементы и характеристики	Проекты судов				
	P121	457	3050	3052	3050.1
	Относительная погрешность расчетных значений, %				
Длина	1,54	4,52	2,29	2,08	1,28
Ширина	0,36	0,3	4,86	5	5
Высота борта	3,84	1,67	3,33	3,85	1,33
Осадка	2,99	3,33	4,48	1,53	1,02
Водоизмещение	5,28	1,91	0,28	5	4,4
Коэффициент общей полноты	1,73	0,63	1,29	0,9	3,7
Мощность	2,42	0,3	0,37	5	3,4

Созданная математическая модель обстановочного судна внутреннего плавания и разработанная на ее основе программа позволяет наряду с определением оптимальных главных элементов и характеристик данных судов, выполнив численные эксперименты, исследовать их влияние на экономические показатели, что представляет большой интерес при проектировании в условиях поиска оптимального решения.

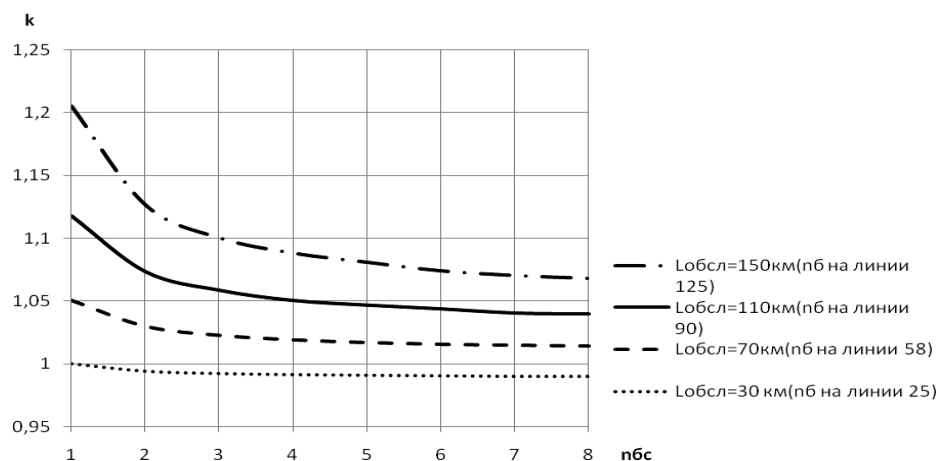


Рис. 2. Зависимость относительного коэффициента приведенных затрат от числа буйев, размещаемых на судне при скорости хода  $V=24$  км/ч (АКТ – кормовое расположение рабочей площадки и небольшая надстройка)

На рис. 2 представлен график зависимости относительного коэффициента приведенных затрат от числа размещаемых на судне буев, а также от длины участков обслуживания при скорости хода 24 км/ч. Число знаков судоходной обстановки на участках рассчитывалось исходя из среднего расстояния между буями – 1,2 км.

#### Список литературы:

- [1] Роннов Е.П., Анисимова В.В. Формулировка задачи оптимизации обстановочных судов внутреннего плавания//Труды 14-го международного научно-промышленного форума «Великие реки – 2012». Том 1.- Н.Новгород: ФБОУ ВПО «ВГАВТ»,2012.- С. 306–309.
- [2] Анисимова В.В. Анализ элементов и характеристик обстановочных судов внутреннего плавания//Вестник Волжской государственной академии водного транспорта.- Н. Новгород.: ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – №31. – С. 9-16.
- [3] Анисимова В.В. Определение мощности главных двигателей при создании математической модели обстановочного судна внутреннего плавания// Вестник Волжской государственной академии водного транспорта.- Н. Новгород.: ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – №32. – С. 55–60.

*Е.П. Роннов, Ю.А. Кочнев*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ПРОТОТИПОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЯКОРЯ ПОВЫШЕННОЙ ДЕРЖАЩЕЙ СИЛЫ**

Ритм современной жизни приводит к необходимости сокращения времени между замыслом о создании некоторой продукции и выпуском его на рынок. В условиях жёсткой конкурентной борьбы в рамках мирового экономического кризиса, промедление может привести практически к «краху» реализуемой идеи. В свете сказанного, а так же при высокой сложности и дороговизне продукции, выпуск опытного образца мало эффективен. Это может привести к существенному удорожанию изделия и растянуть процесс его разработки на неопределённый срок.

Компания Autodesk уже на протяжении многих лет продвигает на рынок программный пакет AutodeskInventor, а в последние годы она стала реализовывать так называемую технологию цифрового прототипа.

**Цифровой прототип** (ЦП) – это цифровой макет изделия, используемый для испытания его функций и формы. Цифровой прототип становится все более совершенным по мере того, как интегрируются все концептуальные, механические и электрические проектные данные. Полный цифровой прототип является виртуальным опытным образцом готового изделия и служит для его оптимизации и проверки [1].

Технология цифровых прототипов дает проектным и производственным подразделениям возможность изучить изделие, проверять и управлять ими с момента создания концепции до стадии изготовления. Практически отпадает необходимость создания дорогостоящих опытных образцов, так как все испытания и тесты выполняются в виртуальном режиме.

Согласно независимому исследованию компании AberdeenGroup, лучшие машиностроительные предприятия, использующие цифровые прототипы, создают в два раза меньше физических опытных образцов, чем в среднем по отрасли. Они выпускают товары на рынок на 58 дней раньше среднего, тратят на создание прототипов на 48% меньше средств и, в конце концов, привносят значительные новшества в свою продукцию. Достичь таких результатов им помогает решение Autodesk, использующее цифровые прототипы [1].