

Рис. 3. Фрагмент имитационной модели размещения производства по изготовлению деталей корпуса на ОАО «Судоремонтно-судостроительная корпорация»

**Список литературы:**

[1] Клейнрок Л. Теория массового обслуживания/ Л. Клейнрок. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.  
 [2] Прицкер А. Введение в имитационное моделирование/ А. Прицкер. – М.: Мир, 1987. – 644с.  
 [3] Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 399 с.  
 [4]. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS / Т. Дж. Шрайбер. – М.: Машиностроение, 1979. – 287 с.

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

**ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ  
 ОБСТАНОВОЧНЫХ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ**

В статье рассмотрена целесообразность постановки задачи оптимизации обстановочных судов внутреннего плавания. Представлена математическая формулировка данной задачи.

Судоходство на внутренних водных путях связано с необходимостью систематического проведения ряда видов работ по обеспечению гарантированных габаритов судового хода. Для их проведения используются, так называемые, суда технического

флота. Отдельное место среди них занимают обстановочные суда. В связи с сезонностью внутреннего водного транспорта они предназначены, прежде всего, для постановки плавучих средств навигационного оборудования в начальный период навигации и снятия их в конце сезона. В навигационный период суда используются для выполнения ряда других операций по обеспечению стандарта судового пути. С помощью них производят промер судоходного фарватера, инспектирование состояния судового хода, его навигационного ограждения, аварийный ремонт и замена судоходной обстановки, промер и траление участков пути, изучение руслового и гидрологических режимов и другие работы. Кроме того, с целью исключения простоев в промежутке между выполнениями основных функций обстановочные суда на договорной основе могут использоваться для других видов работ, например, как разъездные, для выполнения спасательных операций, экологического мониторинга поверхности воды. Поэтому у этих судов при их проектировании должна закладываться некоторая многофункциональность по назначению. Эксплуатируют обстановочные суда предприятия, обеспечивающие содержание закрепленных за ними водных путей. Эти обслуживаемые водные бассейны могут существенно отличаться друг от друга протяженностью, количеством знаков судоходной обстановки, частотой и сроками обслуживания, габаритами пути, видом выполняемых обязательных и дополнительных работ и др. Поэтому и обслуживающие эти бассейны обстановочные суда также должны отличаться друг от друга своими характеристиками, такими, например, как скорость хода либо мощность главных двигателей, грузоподъемность либо количество перевозимых буюв (на судне или буксируемом несамоходном судне), Класс Речного Регистра, автономность по запасам, признаки, определяющие архитектурно-конструктивные особенности, наличие и количество грузовых устройств, состав служебных помещений и т.д.

Изложенное позволяет предположить, что для каждого обслуживаемого района водных путей можно предложить обстановочное судно (или их совокупность) с характеристиками, которое наилучшим, с экономической точки зрения, образом будет выполнять все обязательные и возможные дополнительные работы. Поэтому Федеральной Целевой Программой [1] предусматривается проектирование и постройка размерного ряда из трех типов обстановочных судов. Возникает задача определения оптимальных характеристик обстановочных судов для обслуживания закрепленных за ними водных бассейнов. В связи с этим можно сформулировать следующую задачу: для известных характеристик обслуживаемого бассейна (вектор известных величин  $Y\{y_1, y_2, \dots, y_i\}$ ), найти оптимизируемые параметры (вектор оптимизируемых параметров  $X\{x_1, x_2, \dots, x_j\}$ ) и элементы и характеристики обстановочного судна ( $Q\{q_1, q_2, \dots, q_k\}$ ), при которых вся обязательная работа по обеспечению требуемого уровня состояния судоходной обстановки на обслуживаемых водных путях и возможная дополнительная работа будут выполнены наиболее эффективно с экономической точки зрения. При этом будут обеспечиваться все предъявляемые условия и требования на выполнение указанных работ. Они могут быть в виде нормативов на время выполнения работ, финансовых лимитов, требований к уровню навигационных качеств судна и т.д.

Математическая формулировка данной задачи будет иметь следующий вид: при известном векторе исходных данных  $Y(y_1, y_2, \dots, y_i)$  найти компоненты вектора  $F(X, Q)$  ( $X$  – 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 (прибылью)

$$\sum_k \sum_i \sum_\theta P_{\theta k}(X, Y, Q) \cdot Z_{\theta k} + \sum_\theta \sum_c P_{\theta c}(Q) \cdot Z_{\theta c} \rightarrow \max \quad (1)$$

$P_{\theta k}(X, Y, Q)$  – прибыль, получаемая судном с характеристиками, соответствующими варьируемым параметрам  $X$ , при его работе по обслуживанию судоходной обста-

новки в  $k$ -й период навигации на  $i$ -ом участке обслуживания;  
 $\Pi_{\alpha}(\theta)$  – прибыль, получаемая судном с характеристиками соответствующими варьируемым параметрам  $X$ , при выполнении им  $c$ -ой дополнительной работы;  
 $Z_{\alpha}$  – количество судов с характеристиками, соответствующими варьируемым параметрам  $X$ , работающих на  $i$ -ой линии.

При этом должны выполняться ограничения:  
 – условие выполнения всех видов обязательных работ по обслуживанию судоходной обстановки на всех закрепленных участках  $i \in Y$

$$\sum_i \sum_{\theta} n_i \cdot Z_{\alpha} = \sum_i M_i \quad (2)$$

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

– условие выполнения обязательных работ за нормативное время на  $i$ -ом закрепленном участке обслуживания

$$\sum_m t_{xm} + t_{nc} \cdot n_i / Z_{\alpha} \leq T_{ik} \quad (3)$$

$t_{xm}$  – ходовое время на подучастке  $m$   $i$ -ого участка;

$t_{nc}$  – время необходимое для обслуживания одного знака судоходной обстановки на  $i$ -ом участке;

$T_{ik}$  – нормативное время  $k$ -го вида обслуживания судоходной обстановки на  $i$ -ом участке.

– ограничения на ресурсы, необходимые для выполнения обязательных работ по обслуживанию знаков судоходной обстановки и на выполнение  $c$ -ой дополнительной работы

$$r_{\alpha} \cdot Z_{\alpha} + \sum_i K_{\gamma Q} \cdot Z_{\alpha} \leq \Phi_{\gamma}, \quad (4)$$

где  $K_{\gamma Q}$  – требуемый ресурс типа  $\gamma$  (финансовые средства, необходимое количество топлива и т.п.), необходимый для обслуживания судном типа  $Q$   $i$ -го участка;  
 $\Phi_{\gamma}$  – нормируемый объем ресурса типа  $\gamma$ .

Вектор определяемых элементов и характеристик  $Q(q_1, q_2, \dots, q_j)$  должен удовлетворять:

– уравнению масс

$$D(X, Q) - \sum P_i(X, Q) = 0; \quad (5)$$

– уравнению масс и плавучести

$$D(X, Q) - \rho \cdot V(X, Q) = 0; \quad (6)$$

– уравнению ходкости

$$(\sum R(X, Q) \cdot g) \cdot \eta^{-1} = N ; \quad (7)$$

– уравнению вместимости

$$S(n_i) \leq S_{II}(X, Q) ; \quad (8)$$

– уравнению устойчивости

$$h_0(X, Q) \geq h_{\min} . \quad (9)$$

Варьируемыми параметрами (вектор  $X$ ) в данной задаче приняты следующие:  $x_1 = n_{\sigma c}$  – количество перевозимых на судне буюв;  $x_2 = n_{\sigma \delta}$  – количество буюв перевозимых на буксируемой барже;  $x_3$  – скорость хода судна;  $x_4 = m_m$  – количество типов судов;  $x_5 = A$  – признак архитектурно-конструктивного типа.

На рис. 1 приведена блок-схема алгоритма решения данной задачи, которая в настоящее время реализуется в виде комплекса PC-программ

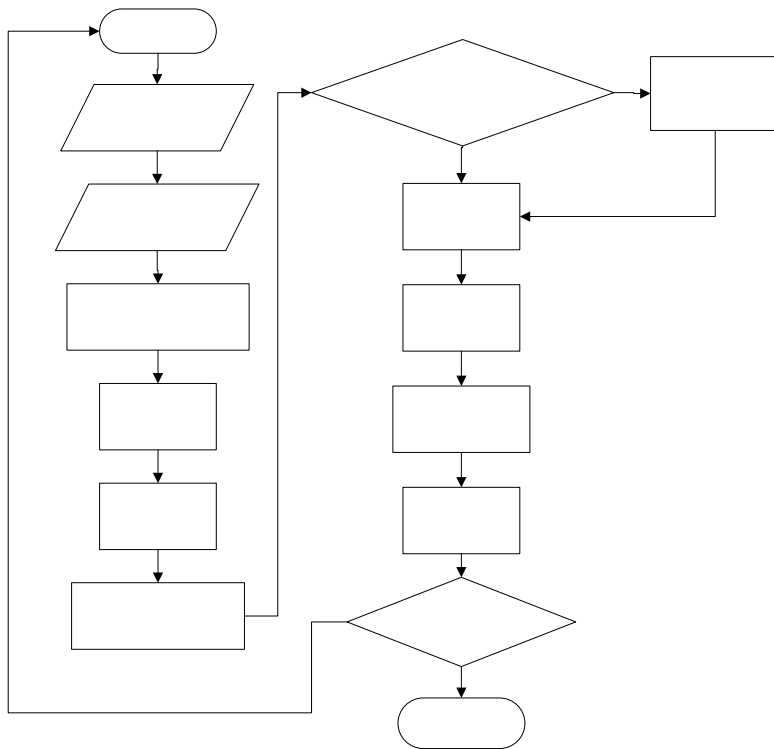


Рис. 1. Блок-схема алгоритма решения задачи оптимизации

**Список литературы:**

[1] Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы РФ на 2010–2015 годы». Министерство транспорта РФ. – 2008. – 363 с.

Начало

Исходные  
данные  
 $Y(y_1, y_2, \dots, y_i)$

Параметры  
варьирования  
 $X(x_1, x_2, \dots, x_i)$

Определение главных  
размерений и  
водоизмещения в  
первом приближении

Проверка  
погрешности  
определения  
водоизмещения  
 $E \leq E_{\min}$

Да

Проверка  
устойчивости

Расчет  
строительной  
стоимости