

# ВІСНИК

ОДЕСЬКОГО  
ДЕРЖАВНОГО  
МОРСЬКОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ



***ВІСНИК***

ОДЕСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО  
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

*Проблеми експлуатації  
водного транспорту*

**4'99**

ББК 39.42-011я43  
В635  
УДК 629.12.001(082)

Головний редактор:

д-р техн. наук., проф., акад. *Ю. Л. Воробіюв*

Редакційна колегія:

д-р техн. наук, проф., акад. *В. Г. Івановський*, д-р техн. наук, проф.  
*В. В. Козляков*, д-р техн. наук, проф., акад. *М. В. Олійник*, д-р  
техн. наук, проф. *В. Д. Євдокімов*, д-р екон. наук, проф., акад.  
*С. М. Вовчудський*, канд. техн. наук, проф. *О. І. Стальніченко*,  
*Г. І. Силакова* (відповід. секретар).

Розглянуто ряд завдань, пов'язаних зі зносом поверхонь тертя, теорією пластин і стержнів, апроксимацією лінійних диференціальних рівнянь, вибором матеріалів і роботою грейферних систем. Викладено також ряд актуальних результатів з проблем експлуатації водного транспорту.

Рассмотрен ряд задач, связанных с износом трущихся поверхностей, теорией пластин и стержней, аппроксимацией линейных дифференциальных уравнений, выбором материалов и работой грейферных систем. Изложен также ряд актуальных результатов по проблемам эксплуатации водного транспорта.

There have also been considered the problems that have to do with wear of friction surfaces, theory of plates and rods, choice of materials and operation of truck systems. Up-dated results of water transport operation have also been described.

*Друкуються за ухвалою Вченої ради  
Одеського державного морського університету*

**Адреса редакційної колегії:**  
270029, м.Одеса, вул. Мечникова, 34

---

Н 2705140300-084 Без вітківш.  
549-99

ISBN 966-549-266-7

© Одеський державний  
морський університет, 1999

## ПЛОСКАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ ПЛАСТИН ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

**Б.И. Антонов**

Анализ напряженно-деформированного состояния пластин переменной толщины представляет интерес для строительной механики корабля. Одним из важных приложений указанной задачи является оценка несущей способности пластин изношенных судовых конструкций, необходимая для определения объема ремонтно-восстановительных работ. В статье [1] рассмотрены вопросы применения метода конечных элементов (МКЭ) для решения задачи об изгибе пластины переменной толщины. Ниже подход указанной работы применен для решения плоской задачи теории упругости. К необходимости решения плоской задачи теории упругости приводят многие важные задачи строительной механики корабля. Поэтому решение поставленной задачи является актуальным. Ограничимся рассмотрением тонких изотропных пластин.

При расчете пластин методом конечных элементов последние идеализируются, как правило, треугольными в плане конечными элементами (КЭ), взаимодействующими между собой в узловых точках.

Рассмотрим треугольный в плане КЭ пластины с 18-ю степенями свободы (рис. 1). Тангенциальные перемещения  $u$  и  $v$  точек срединной плоскости КЭ можно представить в виде

$$[A(x,y)] = \begin{bmatrix} u(x,y) \\ v(x,y) \end{bmatrix} = [F(x,y)][B]^{-1} \{q_m^*\}, \quad (1)$$

где  $[B]_{21 \times 21}^{-1}$  - квадратная матрица преобразования;

$$[F(x, y)]_{2 \times 20} = \begin{vmatrix} f(x, y) & 0 \\ 0 & f(x, y) \end{vmatrix}; \quad (2)$$

$$\{q_m^*\}_{20 \times 20}^T = [u_1, v_1, (\frac{\partial u}{\partial x})_1, (\frac{\partial v}{\partial y})_1, (\frac{\partial u}{\partial y})_1, (\frac{\partial v}{\partial x})_1, u_2, \dots, (\frac{\partial v}{\partial x})_5, u_c, v_c]; \quad (3)$$

- вектор узловых перемещений КЭ в местной системе координат ( $u_c, v_c$  - перемещения центра тяжести срединной плоскости КЭ).

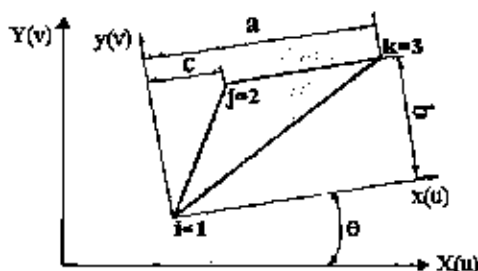


Рис.1. Треугольный КЭ, связанный с местной  $xou$  и общей  $XOY$  системами координат  $i, j, k$  - номера узлов КЭ.

В выражения (2) обозначено

$$[f(x, y)] = [1, x, y, x^2, xy, y^2, x^3, x^2y, xy^2, y^3]$$

- матрица-строка координатных функций.

Потенциальная энергия деформации КЭ может быть определена по выражению

$$V_k = \frac{1}{2} \iint_A \{r\}^T [E] \{r\} dx dy, \quad (4)$$

где  $A$  - площадь срединной плоскости КЭ;

$$\{v\}^T = \left[ \frac{\partial u}{\partial x}; \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right]; \quad (5)$$

$$[E] = \frac{Eh(x,y)}{1-\mu^2} \begin{bmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\mu}{2} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

В выражении (6) обозначено:  $\mu$ ,  $E$  – коэффициент Пуассона и модуль продольной упругости материала,  $h(x,y)$  – толщина пластины.

Примем, что в пределах конечного элемента толщина пластины изменяется по билинейному закону

$$h(x,y) = \beta_1 + \beta_2 x + \beta_3 y = [f_h(x,y)]\{\beta\}, \quad (7)$$

где

$$[f_h(x,y)] = [1, x, y]$$

- матрица-строка координатных функций;

$$\{\beta\}^T = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3\}$$

- вектор-столбец постоянных множителей, которые вычисляются по формулам

$$\beta_1 = h_1; \quad \beta_2 = (h_3 - h_2) / (a - c);$$

$$\beta_3 = [a(h_2 - h_1) - c(h_3 - h_1)] / b(a - c).$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – размеры КЭ в плане (рис.1);  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  – значения толщины пластины в узлах КЭ.

Выражение (6) с учетом зависимости (7) преобразуется к виду

$$[E] = [f_6(x, y)] \{B\} \frac{E}{1 - \mu^2} \begin{vmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1 - \mu}{2} \end{vmatrix}. \quad (8)$$

Применяя для формирования элементов вектора (5) функцию (1), преобразуем выражение (4) к виду

$$V_k = \frac{1}{2} \{q_m^*\}^T [k_m] \{q_m^*\}, \quad (9)$$

где

$$[k_m^*]_{20 \times 20} = [B]^{-T} [k_m^{**}]_{20 \times 20} [B]^{-1} \quad (10)$$

- матрица жесткости КЭ в местной системе координат.  
В выражении (10) обозначено

$$[k_m^{**}]_{20 \times 20} = \iint_{\lambda} [L(x, y)]^T [E] [L(x, y)] dx dy, \quad (11)$$

где  $[L(x, y)]_{3 \times 20}$  - прямоугольная матрица, элементы которой получены в результате дифференцирования элементов матрицы (2) при формировании элементов вектора (5).

Если ограничиться только первым элементом полинома (7), то на основании выражения (10) получим матрицу жесткости КЭ постоянной толщины [2]. Второй и третий элементы полинома (7) позволяют получить дополнительные две матрицы жесткости, учитывающие переменность толщины пластины.

Перед объединением КЭ необходимо исключить степени свободы  $u_c, v_c$  внутренних узлов, то есть выполнить уплотнение матрицы жесткости (10). Уплотнение матрицы жесткости осуществляется по формуле [2]

$$[k_m]_{18 \times 18} = [k_{moo}^*]_{18 \times 18} - [k_{moc}^*]_{18 \times 2} [k_{mcc}^*]_{2 \times 2}^{-1} [k_{moc}^*]_{2 \times 18}^T,$$

где  $[k_m]_{18 \times 18}$  - уплотненная матрица жесткости КЭ в местной системе координат;

$$[k_{moo}^*]_{18 \times 18}, [k_{mcc}^*]_{2 \times 2}, [k_{moc}^*]_{18 \times 2} - \text{блоки матрицы жесткости } [k_m^*]_{20 \times 20}.$$

Преобразование матрицы жесткости КЭ к общей системе координат производится по формуле

$$[k]_{18 \times 18} = [c]_{18 \times 18}^T [k_m]_{18 \times 18} [c]_{18 \times 18},$$

где  $[k]_{18 \times 18}$  - матрица жесткости КЭ в общей системе координат;  $[c]_{18 \times 18}$  - матрица преобразования, элементы которой являются тригонометрическими функциями угла  $\theta$ , определяющего ориентацию местной системы координат  $xoy$  по отношению к общей системе координат  $XOY$  (рис. 1).

На рис. 2 приведена схема идеализации консольной пластины переменной толщины треугольными КЭ. Расчет пластины методом конечных элементов выполнен для двух случаев изменения толщины пластины в направлении оси  $Y$  (схемы "а" и "б" поперечного сечения). Вдоль оси  $X$  толщина пластины не изменяется. В расчетах использованы следующие величины:  $P = 1000$  КПа;  $L = 2$  м;  $H = 1$  м;  $b = 0,081$  м;  $c = 0,0161$  м;

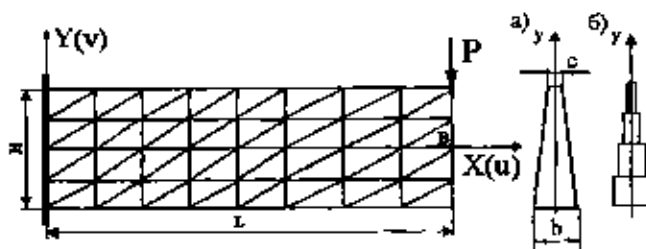


Рис. 2. Схема идеализации консольной пластины и результаты расчета

	Вертикальное перемещение точки В ( $v_B$ )	
	Схема сечения а)	Схема сечения б)
МКЭ	- 0,427 см.	- 0,430 см.
Балочная теория с учетом сдвига	- 0,420 см.	-



$E = 200 \text{ ГПа}; \quad \mu = 0,25.$

На этом же рисунке приведен результат расчета пластины по балочной теории с учетом сдвига. Данные, приведенные на рис. 2, иллюстрируют хорошее совпадение результатов сравниваемых решений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Б.И. Расчет пластин переменной толщины методом конечных элементов // Специальные транспортные технологии и инфраструктура. Межевзовский сборник научных трудов (Под ред. В.А. Коковина). Выпуск 1.-СПб.: СПбГУВК, 1998. С. 62 - 67.
2. Антонов Б.И. Применение высокоточных конечных элементов для решения плоских задач теории упругости // Судостроение и судоремонт - Сборник научных трудов. Вып. 9. - М.: ЦРИА "Морфлот", 1997. С 40-46. [ОИИМФ].

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРООСМОСА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРЕНИЯ ГРУНТА ПО КОНТАКТНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В.Т. Бугаев, А.В. Катана

Одним из возможных путей снижения трения грунта по боковой поверхности свай, контактной грани подпорных стенок, фундаментов глубокого заложения и других конструкций, взаимодействующих с грунтом, является применение электроосмоса. По физическому смыслу электроосмос представляет собой направленное движение жидкости в двухфазной системе (твердое тело - жидкость), возникающее под воздействием внешней разности потенциала.

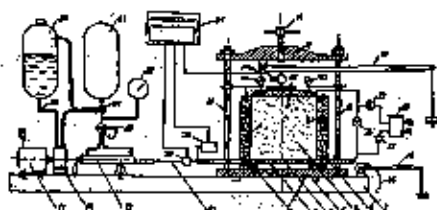
Из опытов известно, что глинистые грунты обладают обычно высоким отрицательным потенциалом и являются активной средой для проявления электроосмотических процессов. Особенность глинистых грунтов заключается также в их относительно высокой химической активности. Электролизные процессы, протекающие в грунтах под воздействием постоянного электрического тока могут влиять на электростатические свойства грунта.

Для изучения влияния электроосмоса на трение глинистого грунта по металлической поверхности были проведены многочисленные лабораторные исследования на специально созданной экспериментальной установке [1], а также на новой установке, разработанной на ее базе, конструктивная схема которой показана на рис.1. Установка состоит из трех основных частей (блоков):

- механической - предназначенной для создания необходимого напряженного состояния испытываемому образцу грунта;
- гидравлической - для создания поступательного перемещения плиты контактирующей с грунтом и контроля сдвигающего усилия;
- электрической - для обработки испытываемого грунта постоянным электрическим током. Кроме того, установка оснащена необходимой измерительной и регистрирующей аппаратурой. Все части установки смонтированы на жестком металлическом основании 1.

Механическая часть установки представляет собой компрессионный прибор, состоящий из корпуса 2, изготовленного из оргстекла, высотой одной секции 70 мм и внутренним диаметром камеры 71 мм для размещения образца грунта 3. Корпус 2 крепится к основанию прибора 4 с помощью четырех болтов 8. Высота корпуса камеры может меняться и принимать три значения 70, 140 и 210 мм. В нижней части корпуса предусмотрен прорез

размером 12x82 мм для пропуска жесткой контактирующей с грунтом плиты 5 толщиной 10 мм и шириной 80 мм, которая опирается на четыре роликовые опоры 7, закрепленные в плите основания 4. Поверх подвижной плиты 5 закрепляется металлическая лента толщиной 1 мм и шириной 80 мм из нержавеющей стали, которая может меняться в зависимости от поставленной задачи по шероховатости поверхности на контакте с грунтом. По концам плиты 5 предусмотрены рымы в виде кольца для крепления тросиков 15, с помощью которых производится горизонтальное её перемещение.



*Рис. 1. Экспериментальная установка*

Нормальное давление на образец грунта создается рычажным устройством 13 через жесткий металлический штамп 9 с закрепленной к нему диэлектрической прокладкой 10 толщиной 15 мм и диаметром 200 мм из гетинакса. Для проведения тарировки динамометров 31, 32 предусмотрен винтовой домкрат 14.

Гидравлическая часть установки предназначена для создания горизонтального перемещения плиты 3 и контроля сдвигающего усилия. Она состоит из электромотора 17, масляного насоса 18, гидропривода 19, емкости для запаса и слива жидкости 20, емкости-накопителя 21 и манометра 22, которые соединены в общую гидравлическую систему с помощью патрубков из красной меди определенной длины и диаметром 10 мм. Гидравлическая система обеспечена необходимыми запорными и регулируемыми вентилями 21, 22 и 25.

Электрическая часть предназначена для обработки образца грунта постоянным током. Ток подается от осветительной сети через автотрансформатор 26 ЛАТР-1 и выпрямитель 27 либо от аккумулятора. К штампу 9 подключается положительный полюс (анод), а к ленте 6 - отрицательный (катод). Напряжение и сила тока в цепи контролируется вольтметром 28 и амперметром 29. Вертикальные перемещения штампа 9 измеряются с помощью индикаторов часового типа 30, а горизонтальные перемещения плиты 5 - с помощью электронного датчика перемещения 32.

Вертикальная нагрузка на штамп 9 и тяговое усилие в тросе 15 измеряют-

ся с помощью специально разработанных и изготовленных в виде колец из пружинной стали тензометрических динамометров 31 и 32. Электрическая тензометрическая схема реализована в виде четырёх тензорезисторов по 200 Ом, включенных в полумост с автоматической компенсацией температурных деформаций. Синхронная регистрация сигналов датчиков 31, 32 и 33 производится осциллографом 34 типа Н.071.1.

Эксперименты производились в такой последовательности:

1. Перед каждым опытом проверялась работа всех приборов, агрегатов, узлов установки и приборов, выполнялась контрольная тарировка датчиков;

2. В зависимости от планируемой задачи экспериментаготавливался образец грунта по методике [2], определялись нагрузка и режим испытаний, устанавливалась методика проведения опыта;

3. Приготовленный образец грунта помещался в камеру компрессионного прибора 2;

4. На выровненную поверхность грунта устанавливался штамп 9, закреплялись индикаторы перемещений 30 и диаметр 31, прикладывалась с помощью рычага 13 заданная вертикальная нагрузка;

5. После стабилизации осадки штампа устанавливались динамометр 33 и датчик перемещений 32, затем с помощью гидропривода 19 к плите 5 прикладывалась шавно возрастающая горизонтальная нагрузка. Скорость перемещения плиты 5 и режим её движения регулировался с помощью вентиля 25.

В ходе эксперимента регистрировались показания всех приборов с помощью осциллографа и представлялись в виде осциллограмм на фотобумаге.

При одной и той же вертикальной нагрузке опыты проводились при воздействии электроосмоса на образец грунта и без него. Сравнение полученных результатов позволяло установить влияние электроосмоса на трение грунта по контактной поверхности и изменение физико-механических характеристик испытываемого грунта.

Некоторые результаты опытов представлены в виде сводного графика на рис. 2. В правом верхнем квадранте приведены зависимости сопротивления сдвигу металлической пластины по грунту с разной влажностью от вертикального давления. Следует отметить, что экспериментальные точки для каждой серии опытов по влажности идеально ложились на одну прямую сдвига как при электроосмосе, так и без него.

Из графиков видно, что трение грунта по металлической поверхности при электроосмосе существенно понижается и зависит от влажности грунта (пунктирные линии). Особенно значительное уменьшение трения грунта по металлической поверхности при электроосмосе наблюдается при влажности грунта  $W=8-20\%$ . При влажности грунта меньше 7% и больше 20% эффективность электроосмоса резко понижается. Так, например, для одного и того же вертикального давления  $\sigma=200$  кПа при влажности  $W=4-6\%$  трение

грунта по металлической поверхности при электроосмосе снизилось на 6%, при  $W = 7-10\%$  - на 14%, при  $W = 15-20\%$  - на 38%, а при  $W = 30-35\%$  - на 5%. Это подтверждается также графиками зависимости сопротивления сдвигу металлической пластины по грунту от его влажности, приведенными на рис. 2, в левом верхнем квадранте, где пунктирной линией показаны  $\tau = f(W)$  при электроосмосе, а сплошной - без него.

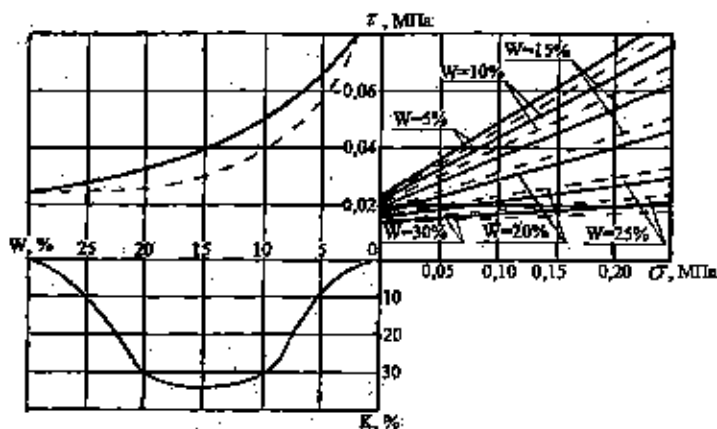


Рис. 2. Сводный график результатов испытаний

На основе этих графиков построена зависимость коэффициента (процента) снижения трения грунта от его влажности (рис. 2, левый нижний квадрант), который наглядно иллюстрирует эффективность использования электроосмоса для уменьшения трения по контактной поверхности конструкции.

На рис. 3 приведены результаты характерных случаев сдвига пластины по грунту влажностью  $W = 18\%$  при плотности электрического тока  $1,5 \text{ A/m}^2$  в виде зависимостей сопротивления сдвигу от нормального давления и перемещения металлической пластины. Опыты показали, что перемещение, необходимое для полного сдвига  $S_0$  и для проявления полного трения  $S$ , измеряется в небольших пределах порядка 4 и 2 мм.

Полученные данные позволили описать зависимость  $\tau = f(\sigma)$  при разных перемещениях  $\Delta$  контактирующей с грунтом металлической пластины:

$$\tau = \sigma t_0 \varphi (1 - e^{-\sigma S / S_0 - S}) + C,$$

- где  $\tau$  - сдвигающее усилие, МПа;  
 $\sigma$  - нормальное напряжение, МПа;  
 $\varphi$  - угол поверхностного трения, град.;

$S_0$  - перемещение, необходимое для проявления полного сдвига, мм;  
 $k$  - коэффициент, зависящий от вида грунта и параметров тока;  
 $C$  - сцепление грунта, МПа.

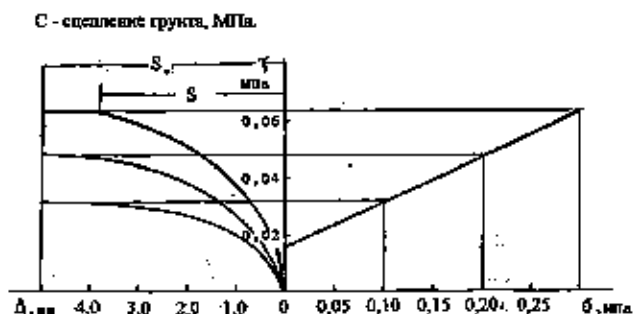


Рис. 3. Графики зависимостей сопротивления сдвигу от нормального давления и перемещения пластины

Проведенные экспериментальные исследования позволяют заключить, что с помощью электроосмоса можно существенно (до 40%) снизить трение грунта по контактной поверхности конструкции. При этом наибольший эффект снижения трения достигается при влажности грунта 15-20% и плотности тока 1-15 А/м<sup>2</sup>.

Этот способ позволяет также значительно повысить трение грунта по контактной поверхности конструкции, для чего достаточно изменить полярность электрического тока.

Анализ полученных результатов позволяет установить область применения электроосмоса, а именно:

- для погружения и извлечения свай, шпунта, оболочек, обсадных труб и других конструкций с относительно большим сопротивлением по боковой поверхности в условиях слабофильтрующих, плотных и водонасыщенных грунтов;
- для повышения несущей способности свай, погруженных в слабые глинистые и илистые грунты;
- для водопонижения и упрочнения слабых грунтов;
- для восстановления дренажных систем и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаев В.Т., Даркин В.В. Влияние электроосмоса на трение по металлической поверхности // Вопросы портовой гидротехники и механизации перегрузочных работ. - М.: В/О Мортехинформреклама. - 1990. - С. 31-34.
2. Воробьев В.Л. Лабораторный практикум по общему курсу строительных материалов. - М.: Высшая школа. 1978. - 205 с.

## РАСЧЕТ СТЕРЖНЕЙ ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ

А.В.Гришин, В.А.Гришин

Применение деформационных теорий пластичности к расчету стержневых систем возможно, как установлено в [1], только при пропорциональном изменении всех действующих нагрузок. Иначе может возникнуть не единственная траектория изменения напряженного состояния в точках системы. Поэтому применяется теория пластического течения, которая позволяет следовать единственному пути изменения напряжений и деформаций при пошаговом не обязательно пропорциональном нагружении.

Полагаем, что соединение материала слоев по всей длине стержня обеспечивает их совместную работу без проскальзывания и соблюдается гипотеза плоских сечений. Далее считаем, что в каждом сечении стержня внутренние силы можно привести к точке, в которой их главный вектор равен продольной силе, а главный момент - нулю. Данные точки образуют прямолинейную ось, вдоль которой действуют внешние нагрузки.

Применяя постулат суммирования приращений упругой и пластической деформаций

$$d\varepsilon = d\varepsilon_e + d\varepsilon_p, \quad (1)$$

получаем обычным путем следующее основное уравнение упругопластического стержня в приращениях

$$\frac{d}{dx} \left[ D_{ep} \cdot \frac{d}{dx} (du(x)) \right] = -dn(x), \quad (2)$$

где  $dn(x)$  - приращение интенсивности внешней продольной нагрузки,  $du$  - приращение продольных перемещений стержня,

$$D_{ep} = \sum_{i=1}^k D_{epi}$$

где  $k$  - количество слоев,

$$D_{epi} = E_i F_i \left( 1 - \frac{E_i}{E_i + H_i} \right), \quad H_i = \frac{E_{Ti}}{1 - E_{Ti}/E_i}, \quad \text{если } \sigma_i > \sigma_{Ti},$$

где  $E_i, E_{Ti}$  - модуль упругости и модуль упрочнения материала  $i$ -го слоя,

$F_i$  - площадь поперечного сечения  $i$ -го слоя,  $\sigma_i$  - предел текучести  $i$ -го слоя,

$$D_{epi} = E_i F_i, \text{ если } \sigma_i \leq \sigma_T.$$

Приращение внутренних сил определяется как

$$dN = \sum_{i=1}^k d\sigma_i F_i = \sum_{i=1}^k D_{epi} \frac{d}{dx}(du). \quad (3)$$

Функционал приращения энергии равен

$$d\Pi = \frac{1}{2} \int_{-l/2}^{l/2} D_{ep} \left[ \frac{d}{dx}(du) \right]^2 dx - \int_{-l/2}^{l/2} dndudx. \quad (4)$$

Для получения численных результатов был разработан алгоритм решения, в котором дискретизация краевой задачи выполнена методом конечных элементов и для достижения заданной точности решения построен итерационный процесс, базирующийся на модификациях метода Ньютона-Кантаровича.

Применяя обычную процедуру метода конечных элементов [2], получаем следующую систему алгебраических уравнений

$$Kdu + df = 0, \quad (5)$$

где элементы матрицы жесткости  $K$  и матрицы  $df$  определяются по формулам

$$K_{ij} = \int_{-l/2}^{l/2} D_{ep} \frac{dN_i}{dx} \frac{dN_j}{dx} dx, \quad df_i = \int_{-l/2}^{l/2} dnN_i dx. \quad (6)$$

При линейном упрочнении система уравнений (5) является линейной и ленточной. При  $E_T \rightarrow E$  находим, что  $H' \rightarrow \infty$ , а  $D_{ep} \rightarrow E\dot{\epsilon}$  и задача сводится к упругой в приращениях. В этом случае система (5) положительно определенная. Но при  $E_T \rightarrow 0$  получаем, что  $H' \rightarrow 0$ , а  $D_{ep} \rightarrow 0$  и приходим к вырождению исходных уравнений.

Построение итерационного процесса вызвано двумя причинами:

1. Если при решении использовать только уравнение (5), то с увеличением количества приращений нагрузки будет возрастать погрешность решения вследствие линеаризации задачи и неточности вычислений. Поэтому уравнения равновесия для полных перемещений

$$Kit + f = 0 \quad (7)$$

не будут удовлетворяться, т.е. будут возникать остаточные силы (несвязка в уравнении)



$$r(u) = Ku + f. \quad (8)$$

Итерационный процесс строится таким образом, чтобы невязка  $r(u) \rightarrow 0$  при каждом приращении нагрузки.

2. В связи с указанными выше погрешностями, напряжения в стержне могут оказаться расположенными выше линии зависимости  $\sigma - \varepsilon$ , что противоречит физическому условию задачи. Поэтому итерационный процесс также на каждом приращении нагрузки возвращает вектор напряжений в допустимые пределы.

В общей форме итерационный процесс можно представить в виде

$$u^{j+1} = u^j - A_j^{-1} 2(u^j), \quad j = 1, 2, \dots \quad (9)$$

где индекс  $j$  указывает на номер итерации. Быстрота сходимости, устойчивость счета и затраты машинного времени зависят от выбора матрицы  $A_j$ . Некоторые рекомендации по её выбору изложены в [2]. В алгоритме и программе был реализован итерационный процесс с тремя разновидностями матрицы  $A$ : касательных жесткостей, нормальных жесткостей и с коррекцией  $A$  через заданное количество итераций.

Программа в диалоговом режиме формирует файл исходных данных, затем производит счет и выводит на экран дисплея в графическом режиме эпюры перемещений, напряжений и пластических зон. Может быть задан любой порядок и последовательность приложения нагрузок. Результаты расчета также заносятся в файл данных.

Рассмотрим пример расчета, показанный на рис. 1. Стержень длиной 1 м зашпелен по концам и на расстоянии 0,3 м от каждого конца состоит из трех слоев, а средняя его часть является одним слоем. Материал внешних слоев:  $E_1 = 2 \cdot 10^5$  МПа,  $\sigma_{T1} = 360$  МПа,  $H_1 = 2 \cdot 10^4$  МПа, материал внутреннего слоя и средней части стержня:  $E_2 = 10^5$  МПа,  $\sigma_{T2} = 140$  МПа,  $H_2 = 10^4$  МПа. Две сосредоточенные силы могут прикладываться к стержню в любой последовательности. Высота и ширина стержня по 0,2 м, а высота внешних слоев по 0,05 м, а внутреннего - 0,1 м.

Разбиваем стержень на 10 элементов длиной по 0,1 м. Проанализируем следующие варианты нагружения: I. Обе нагрузки действуют одновременно и прикладываются тремя шагами с приращениями 12 МН, 4 МН, 2 МН. II. Вначале действует левая нагрузка тремя шагами с приращениями 12 МН, 4 МН, 2 МН, а затем правая с теми же приращениями нагрузки. III. Производится разгрузка стержня до исходного состояния после первого варианта нагружения.

Эпюры перемещений и напряжений к концу каждого этапа нагружения показаны на рисунке.

При первом варианте нагружения эпюры перемещений и напряжений сим-

метричны относительно вертикальной оси, проходящей через центр стержня. Второй вариант нагружения приводит к нарушению симметрии эпюр, когда нагрузки к концу шестого этапа загрузки становятся равными. Это вызвано разными последовательностями образования пластических зон в стержне. Так, при первом варианте загрузки после первого этапа приложения нагрузки весь второй участок стержня переходит в пластическое состояние. После второго этапа приложения нагрузки переходит в пластическое состояние средний слой первого и третьего участков стержня, а после третьего этапа загрузки весь стержень находится в пластическом состоянии.

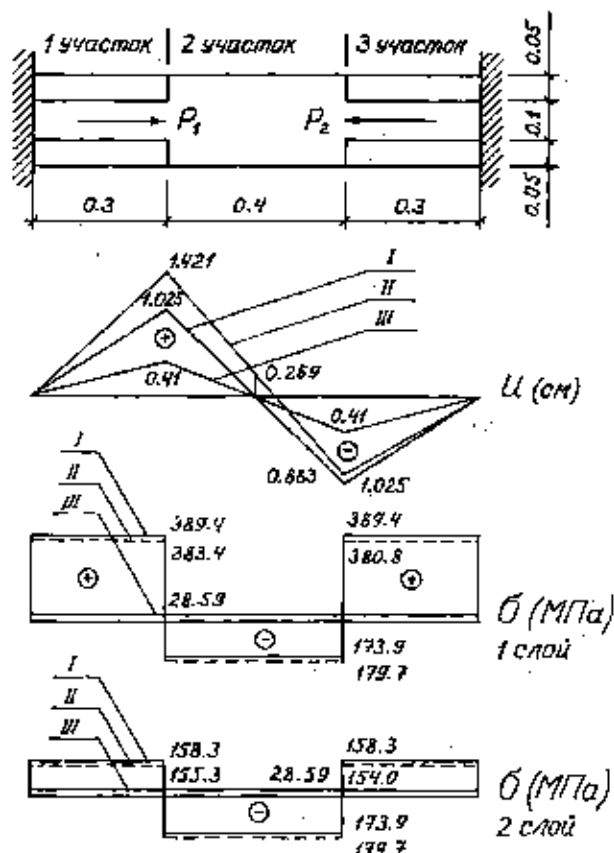


Рис. 1. Расчётная схема, эпюры перемещений и напряжений

При втором варианте нагружения после первого этапа приложения нагрузки течет второй слой первого участка. После второго этапа нагружения текут все три слоя первого участка, а к концу третьего этапа переходят в пластическое состояние целиком первый и второй участки стержня. Третий участок остается упругим. Затем  $P_1$  остается без изменения и начиная с четвертого этапа нагружения прикладывается нагрузка  $P_2$ . После четвертого этапа все слои первого участка снова переходят в упругое состояние и только второй участок находится в пластическом состоянии. К концу пятого этапа течет внутренний слой третьего участка и весь второй участок. Затем, после шестого этапа нагружения весь стержень находится в пластическом состоянии, причем слои первого участка становятся после разгрузки вновь пластичными.

После снятия нагрузки в стержне возникают остаточные напряжения и деформации. Из приведенных результатов следует, что при упругопластическом деформировании стержней в расчетах необходимо учитывать последовательность приложения нагрузки.

Рассмотрим ещё один пример. Железобетонная колонна находится под действием силы, приложенной в её вершине. Бетон имеет следующие характеристики:  $E_2=2 \cdot 10^4$  Мпа,  $\sigma_{T2}=13$  Мпа,  $N_2=2 \cdot 10^3$  Мпа, а арматуры:  $E_1=2 \cdot 10^5$  Мпа,  $\sigma_{T1}=150$  Мпа,  $N_1=2 \cdot 10^4$  Мпа. Ширина колонны  $s=0,4$  м, а высота  $h=0,6$  м. Длина колонны 5 м, её верх свободен от закрепления, а низ оперт на жесткий фундамент. Нагрузка прикладывается поэтапно тремя шагами с приращениями 8 МН, 1 МН, 1 МН, затем производится разгрузка.

В нормах проектирования вводится предположение, что бетон и арматура одновременно переходит в пластическое состояние. Рассмотрим, что в этой связи показывает упругопластический расчет.

Под действием указанной нагрузки, на первом этапе её приложения в пластическое состояние переходит только бетон, а арматура продолжает работать в упругой стадии. Если после этого уменьшить нагрузку, то бетон и арматура будут упругими. Затем увеличиваем нагрузку на 1 МН, арматура также переходит в пластическое состояние, т.е. достаточно незначительно увеличить нагрузку и колонна начинает работать в условиях, указанных в нормативных документах. Эпюры вертикальных перемещений и напряжений для каждого этапа нагружения показаны на рисунке 2.

При полном снятии нагрузки в колонне наблюдаются остаточные перемещения и остаточные напряжения, показанные на эпюрах пунктирными линиями. Причем в арматуре остаточные напряжения сжимающие, а в бетоне растягивающие.

Если менять в колонне марку бетона увеличивая значение  $\sigma_T$ , то оказывается может возникнуть обратная картина, что вначале течет арматура, а затем с увеличением нагрузки - бетон. Так, например, при  $\sigma_{T2}=16$  Мпа и нагрузке  $P=9,1$  МН вначале начинает течь арматура. При увеличении нагрузки на 1 Мпа переходит в пластическое состояние бетон. Следовательно, можно

подобрать такие механические характеристики бетона и арматуры, что они будут одновременно работать в пластической стадии.

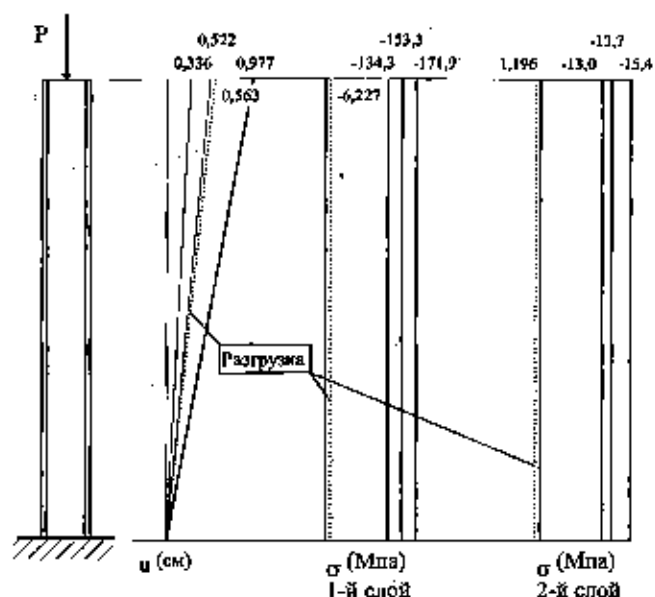


Рис. 2. Расчетная схема колонны, эпюры перемещений и напряжений

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ильющин А.А. Пластичность. - М.: Гостехиздат, 1948. - 376с.
2. Гришин В.А., Бугаев В.Т. Упругопластические контактные задачи. -Одесса, 1996. - 91с.

## Повышение эффективности работы компенсаторов износа цилиндро-поршневых пар применительно к аксиально-поршневым гидромашинам

Д.В. Евдокимов

Известно, что в процессе эксплуатации аксиально-поршневых гидромашин происходит износ цилиндрических поверхностей поршней и отверстий в блоках цилиндров, в результате чего между ними увеличивается радиальный зазор, возрастают утечки, что приводит к снижению производительности этих машин и необходимости их ремонта. В заводских условиях ремонт таких пар трения осуществляется путем изготовления новых поршней большего диаметра с соответствующей обработкой отверстий в блоках цилиндров. Такие операции требуют специального оборудования и не могут быть выполнены в условиях эксплуатации судна. Поэтому дефектные насосы заменяются в рейсе на новые, если таковые имеются.

Продлить срок эксплуатации гидронасосов с сохранением и даже повышением их рабочих характеристик можно путем использования предложенных ранее упругих компенсаторов износа [1]. Эти металлические компенсаторы износа работают по принципу манжеты: с увеличением давления рабочего масла их диаметр увеличивается, что приводит к уменьшению кольцевого зазора между компенсатором и зеркалом цилиндра и, в результате, - к снижению утечек. Проведенные испытания компенсаторов показали их достаточно высокую эффективность. Однако, дальнейший анализ рабочих поршней, оснащенных стальными компенсаторами износа, вскрыл ряд недостатков, пути преодоления которых показаны в настоящей статье.

Компенсатор износа, в принципе, представляет собой открытую с одного конца упругую цилиндрическую оболочку. Поэтому в общем виде для определения ее деформаций можно применить приближенное дифференциальное уравнение равновесия элементов цилиндрической оболочки в перемещениях [2].

$$\frac{d^4 \omega}{dx^4} = 4\beta^4 \omega = \frac{P}{D} ; \quad (1)$$

где  $\omega$  - деформация оболочки;  $p$  - давление;

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}; \quad \beta^4 = \frac{Eh}{4r^2D}$$

$h, r$  — толщина и радиус оболочки.

Интеграл этого дифференциального уравнения складывается из интеграла однородного уравнения и частного решения и представляется с помощью показательных функций. По принятым конструктивным размерам компенсатора его можно было бы считать настолько длинным, что усилия и перемещения на одном конце не зависят от условий на другом конце, т.е. соблюдено неравенство  $l > 2,5 \sqrt{rh}$ .

При вводе уравнения деформации цилиндрической поверхности компенсатора — оболочки было учтено, что рабочая жидкость проникает под давлением не только во внутреннюю полость оболочки-компенсатора, но и в условно кольцевой зазор между оболочкой и цилиндром. Благодаря этому оболочка с одной стороны стремится увеличиться в размере и прижаться к стенке отверстия цилиндра, с другой стороны, сжаться особенно у своего свободного края. Поэтому расчетная схема действия сил на оболочку или компенсатор была дополнена эпюрой сил, стремящихся отжать оболочку от стенки цилиндра. Такая схема показана на рис. 1, однако не с равномерно распределенным удельным давлением, а изменяющимся по линейному закону от максимального значения на свободном конце оболочки до нуля у ее зацепленного конца. Выбор такого линейного закона следует, например, из работы [3].

Если решить уравнение (1) применительно к новой схеме нагружения, то получим уравнение (2)

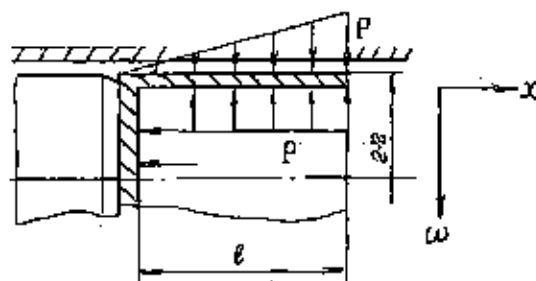


Рис. 1 Действие давления рабочей жидкости на компенсатор

$$\omega = -\frac{pr^2}{Eh} \left[ 1 - \frac{x}{e} - \varphi(\beta x) + \lambda(\beta x) \cdot \frac{1}{\beta l} \right], \quad (2)$$

где  $\varphi(\beta x) = e^{-\beta x} (\cos \beta x - \sin \beta x)$ ;  $\lambda(\beta x) = e^{-\beta x} \sin \beta x$ ;  $l$  — длина оболочки или компенсатора;  $p$  — давление, разжимающее компенсатор с увеличением температуры масла.

Для выбранных условий уравнение (2) дает распределение деформации оболочки  $\omega$  по ее длине  $l$  в виде кривой 1, показанной на рис. 2. Видно, что под действием противодействия жидкости, свободный контур оболочки

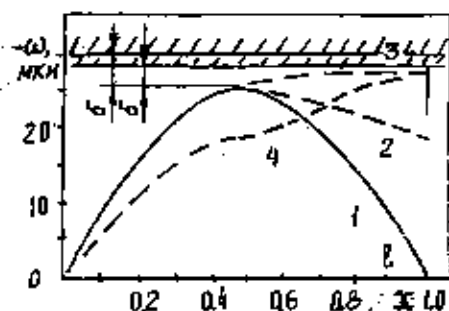


Рис.2 Деформация компенсаторов  
1 — конструкции [1]; 2-4 предлагаемой  
новой конструкции

оказывается недеформированным и поэтому не прижат к отверстию цилиндра. В результате оболочка-компенсатор будет уменьшать кольцевой зазор с зеркалом цилиндра только своей средней узкой частью, что скажется на эффективности снижения утечек. Хотя, как показано в работе [1], эффективность снижения утечек таких компенсаторов достаточно высока, тем не менее, несмотря на положительные результаты испытаний компенсаторов, работающих по схеме рис. 1, следует искать пути дальнейшего их совершенствования.

По нашему представлению, одним из реально существующих путей, может быть «поднятие» правой ниспадающей части кривой 1 (рис.2). При этом наилучшим вариантом было бы не просто ее жестко «поднять», но с возможностью регулировать в зависимости от условий работы в гидромашине. В общем виде схема на рис. 1 должна дополниться распределенной нагрузкой  $q$ ,

которая будет действовать на определенной длине внутренней части компенсатора, деформируя область его свободного контура, как показано по направлению к зеркалу цилиндра.

Тогда уравнение (2) следует дополнить функцией, видоизменяющей упругую деформацию компенсатора-оболочки со стороны его свободного контура и учитывающей желаемый закон изменения этой дополнительной нагрузки.

Одним из недостатков работы компенсатора является ухудшение его характеристики при повышении температуры масла. Так, при одном и том же давлении масла, но при разной температуре, наблюдается повышение утечки в случае увеличенной температуры. Это вполне объясняемая закономерность, связанная с уменьшением вязкости масла, оказывает, тем не менее, отрицательное влияние на рабочие характеристики гидромашинны. Поэтому нами была поставлена задача создать компенсатор, рабочая характеристика которого улучшалась бы, а не ухудшалась с ростом температуры масла. Мало того, создать такой компенсатор, у которого с падением давления масла, в системе, что может происходить при высоких температурах, имело бы место снижение утечек в зазоре поршень с компенсатором-зеркало цилиндра. В связи с поставленной целью была разработана новая конструкция компенсатора, который деформируется под воздействием двух независимых сил – давления рабочей жидкости и температуры.

Для определения его деформаций из общего уравнения (1) выведена зависимость:

$$\omega = -\frac{pr^2}{Eh} \left[ 1 - \frac{x}{\ell} - \varphi(\beta x) + \lambda(\beta x) \cdot \frac{1}{\beta \ell} \right] - \frac{qr^2}{Eh} \left[ \frac{x}{\ell} - \lambda(\beta x) \cdot \frac{1}{\beta \ell} \right]. \quad (3)$$

Как видно, правая часть этого уравнения содержит две функции. Первая функция учитывает давление жидкости, сжимающего компенсатор от стенки и одновременно прижимающего его изнутри к стенке цилиндра. Вторая функция характеризует дополнительное деформирование оболочки в сторону стенки цилиндра, особенно ее свободного края. В данном случае для примера нами принят линейный закон изменения давления  $q$  от температуры. Учет этого обстоятельства изменяет прогиб оболочки-компенсатора со стороны свободного края, как показано на рис. 2 кривыми 2 и 3. Проведенные по формуле (3) расчеты показывают, что можно подобрать материалы, температурный коэффициент которых позволяет получить деформации свободного контура компенсатора, которые описываются кривой 3 на рис. 2, а при снижении давления, но с ростом температуры – кривой 4. При этом видно, что деформация нового компенсатора оболочки с точки зрения утечек выгодно отличается от ранее рассмотренной конструкции, что соответствующим образом отразилось на утечках в зазоре, которые были рассчитаны с



использованием рекомендаций работы [3]. Эти данные, как и сама конструкция нового компенсатора, намечается привести в последующей статье.

Таким образом, путем использования предлагаемого дифференциального принципа работы компенсатора, т.е. его независимой деформируемости от давления и температуры, можно значительно улучшить характеристики цилиндро-поршневых пар гидромашин и особенно изношенных.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Захваткин Д.П., Евдокимов Д.В., Занько О.Н. Совершенствование конструкции плунжеров высокого давления, используемых в гидравлических машинах и механизмах // *Тема*.-1996.-№ 4.- С.33-34.
- 2 Искрицкий Д.Е. Строительная механика элементов машин.-Л.: Судостроение, 1970.-448с.
- 3 Никитин Г.А. Щелевые и лабиринтные уплотнения гидроагрегатов.-М.: Машиностроение, 1982.- 135 с.

## ЭЛЛИПСОИДАЛЬНЫЕ АППРОКСИМАЦИИ МНОЖЕСТВ ДОСТИЖИМОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

В.М. Савченко

С развитием современной техники всё большее значение приобретает теория оптимального управления. Вместе с анализом отдельных траекторий движения, большой интерес вызывает задача построения множества достижимости управляемых объектов. Знание множества достижимости позволяет оценить предельные точки достижимые объектом, оценить значение критерия качества, выбрать оптимальное или субоптимальное решение, оценить влияние возмущений на дальнейшее поведение системы.

На практике построение множества достижимости связано с затруднениями из-за размерности исследуемых систем, а также их нелинейного характера. Во многих задачах для их решения достаточно иметь оценку множества достижимости. Поэтому представляют большой интерес методы приближенного оценивания множеств достижимости.

Пусть движение некоторого объекта управления описывается линейной системой дифференциальных включений:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &\in \varepsilon [ A(t)x(t) + B(t)U ], \\ x(0) &\in E^0 = \{ x^T Mx \leq 1 \}, \\ U &= \{ u^T Nu \leq 1 \} \quad t \in [0, L\varepsilon^{-1}] \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x \in \mathbb{R}^n$ ,  $u \in \mathbb{R}^m$ ,  $L > 0 - \text{const}$ ,  $A(t)$ ,  $M$  - матрицы размерности  $n \times n$ ,  $B(t)$  матрица размерности  $n \times m$ ,  $N$  матрица размерности  $m \times m$ ,  $M$  и  $N$  - симметричные, положительно определенные матрицы.

Пусть существуют следующие пределы:

$$\begin{aligned} \bar{A} &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt, \\ V &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T B(t)U dt. \end{aligned} \quad (2)$$

Поставим в соответствие системе (1) следующую усредненную

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{d\tau} &\in \bar{A}\xi + v, \\ \xi(0) &\in E^0 = \{\xi^T M \xi \leq 1\}, \tau = \varepsilon t, \tau \in [0, L], v \in V. \end{aligned} \quad (3)$$

Множество  $V$  - выпукло и компактно. Далее предполагается, что множество  $V$  - эллипс с некоторой матрицей  $\bar{N} : v^T \bar{N} v \leq 1$ . Иначе вместо  $V$  выбирается эллипс, который лучше всего аппроксимирует множество  $V$ .

Обозначим через  $K(t, \varepsilon)$  - сечение пучка решений (множество достижимости) дифференциального включения (1),  $K_\varepsilon(\tau)$  - множество достижимости системы (3).

Используя работы Черноушко Ф.Л.[1] по аппроксимации множеств достижимости, запишем эллипсоидальные аппроксимации для включения (1).

**Внутренняя оценка.**

Множество достижимости оценивается снизу при помощи эллипса  $Z$ .

Эллипс  $Z = \{x^T Q x \leq 1\}$ ,

$$\begin{aligned} \dot{Q}^- &= \varepsilon \left[ A Q^- + Q^- A^T + 2(S^{0.5} Q^- S^{0.5})^{0.5} \right] \\ Q^-(0) &= M, \quad S = B N B^T. \end{aligned} \quad (4)$$

Под  $S^{0.5}$  понимается матрица, которая при умножении на саму себя дает исходную матрицу  $S$ , т.е.  $S = S^{0.5} S^{0.5}$

**Внешняя оценка**

Множество достижимости оценивается сверху при помощи эллипса  $Z^+$ .

Эллипс  $Z^+ = \{x^T Q^+ x \leq 1\}$ ,

$$\begin{aligned} \dot{Q}^+ &= \varepsilon \left[ A Q^+ + Q^+ A^T + q Q^+ + \frac{1}{q} S \right], \quad Q^+(0) = M, \quad S = B N B^T, \\ q &= \left[ \frac{1}{n} \text{Tr} \left( (Q^+)^{-1} B N B^T \right) \right]^{0.5}. \end{aligned} \quad (5)$$

Для асимптотического построения эллипсоидальных аппроксимаций записываются уравнения эллипсоидальных аппроксимаций для исходной системы

темы, а затем непосредственно к ним применяется метод усреднения.

Ниже приведена формулировка теоремы, обосновывающей данный способ.

### Теорема

Пусть выполнены следующие условия :

1. Матрицы  $A(t)$  и  $B(t)$  непрерывны по  $t$ .
2. Существуют пределы (2).
3. Матрицы  $M$  и  $\bar{N}$  - симметричны и положительно определены.

Тогда для любых  $\eta > 0$  и  $L > 0$  можно указать такое  $\varepsilon^0 > 0$ , что при  $\varepsilon \in (0, \varepsilon^0]$  и  $t \in [0, L\varepsilon^{-1}]$  справедливы следующие оценки:

$$K(t, \varepsilon) \subseteq Z_\varepsilon^+ + S_\eta(0), \quad Z_\varepsilon^+ \subseteq K(t, \varepsilon) + S_\eta(0),$$

где  $Z_\varepsilon^+$ ,  $Z_\varepsilon^-$  - эллипсоидальные аппроксимации множества достижимости системы (3), а  $S_\eta(0)$  - шар радиуса  $\eta$ .

### Замечание

Эллипсоидальные аппроксимации для системы (3) хорошо оценивают множество достижимости системы (1). Так как эти аппроксимации имеют более простой вид (т.к. система (3) не зависит от времени), то они более предпочтительны для получения оценок. Их использование значительно снижает время счета.

Приведем пример, показывающий применение второго метода.

### Пример

Пусть уравнения движения объекта имеют вид

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \varepsilon x_2, \\ \dot{x}_2 &= \varepsilon((\sin t - 1)x_1 + (\cos t - 1)x_2 + u), \\ N &= 1, u \in \mathbb{R}^1, |u| \leq 1, t \in [0, L\varepsilon^{-1}]. \end{aligned}$$

Внутренняя оценка для исходной системы.

Запишем систему дифференциальных уравнений, определяющих элементы матрицы эллипса  $Q$ ,

$$Q = [q_{ij}^-], \quad i, j = 1, 2.$$

$$\begin{cases} \dot{q}_{11}^- = \varepsilon(q_{12}^- + q_{21}^-) \\ \dot{q}_{12}^- = \varepsilon(q_{22}^- + (\sin t - 1)q_{11}^- + (\cos t - 1)q_{12}^-) \\ \dot{q}_{21}^- = \varepsilon(q_{22}^- + (\sin t - 1)q_{11}^- + (\cos t - 1)q_{21}^-) \\ \dot{q}_{22}^- = \varepsilon(2 \cos t - 1)q_{22}^- + (\sin t - 1)q_{12}^- + (\sin t - 1)q_{21}^- + \sqrt{q_{22}^-} \end{cases}$$

### Внешняя оценка для исходной системы

Запишем систему дифференциальных уравнений, определяющих элементы матрицы эллипса  $Q^+$ ,

$$Q^+ = [q_{ij}^+], i, j = 1, 2.$$

$$\begin{cases} \dot{q}_{11}^+ = \varepsilon (q_{12}^+ + q_{21}^+ + q_{12}^+ q_{11}^+) \\ \dot{q}_{12}^+ = \varepsilon (q_{22}^+ + (\sin t - 1)q_{11}^+ + (\cos t - 1)q_{21}^+ + q_{11}^+ q_{12}^+) \\ \dot{q}_{21}^+ = \varepsilon (q_{22}^- + (\sin t - 1)q_{11}^- + (\cos t - 1)q_{21}^- + q_{11}^+ q_{21}^+) \\ \dot{q}_{22}^+ = \varepsilon \left( (2 \cos t - 1)q_{22}^+ + (\sin t - 1)q_{12}^+ + (\sin t - 1)q_{21}^+ + \frac{1}{q} \right) \end{cases}$$

$$q = \sqrt{\frac{q_{11}^+}{2(q_{11}^+ q_{22}^+ - q_{21}^+ q_{12}^+)}}$$

Применим метод усреднения к уравнениям эллипсоидальных аппроксимаций.

### Усредненная внутренняя оценка для исходной системы

Запишем усредненную систему дифференциальных уравнений, определяющих элементы матрицы внутреннего эллипса  $Q_0^-$ ,

$$Q_0^- = [y_{ij}^-], i, j = 1, 2.$$

$$\begin{cases} \dot{y}_{11}^- = \varepsilon (y_{12}^- + y_{21}^-) \\ \dot{y}_{12}^- = \varepsilon (y_{22}^- - y_{11}^- - y_{12}^-) \\ \dot{y}_{21}^- = \varepsilon (y_{22}^- - y_{11}^- - y_{21}^-) \\ \dot{y}_{22}^- = \varepsilon (-2y_{22}^- - y_{12}^- - y_{21}^- + \sqrt{y_{22}^-}) \end{cases}$$

### Усредненная внешняя оценка для исходной системы

Запишем усредненную систему дифференциальных уравнений, определяющих элементы матрицы внешнего эллипса  $Q_0^+$ ,

$$Q_0^+ = [y'_{ij}], i, j = 1, 2.$$

$$\begin{cases} \dot{y}_{11}^+ = \varepsilon(y_{12}^+ + y_{21}^+ + y_{12}^+ y_{11}^+) \\ \dot{y}_{12}^+ = \varepsilon(y_{22}^+ - y_{11}^+ - y_{21}^+ + y_{11}^+ y_{12}^+) \\ \dot{y}_{21}^+ = \varepsilon(y_{22}^- - y_{11}^- - y_{21}^- + y_{11}^+ y_{21}^+) \\ \dot{y}_{22}^+ = \varepsilon\left(-2y_{22}^+ - y_{12}^+ - y_{21}^+ + \frac{1}{q}\right) \end{cases}$$

$$q = \sqrt{\frac{y_{11}^+}{2(y_{11}^+ y_{22}^+ - y_{21}^+ y_{12}^+)}}$$

Данный пример был просчитан для различных значений  $\varepsilon$ . Результаты расчетов внешних эллипсов для исходной и усредненной систем представлены в таблице 1. Положение эллипса задается тремя параметрами: радиусом по оси  $x$ , радиусом по оси  $y$ , углом поворота осей эллипса относительно координатных осей (против часовой стрелки).

Таблица 1. Результаты расчетов

Система	Угол	Радиус по $x$	Радиус по $y$
Исходная, $\varepsilon=0.01$	51°	2,55	4,42
Исходная, $\varepsilon=0.1$	54°	2,43	4,35
Исходная, $\varepsilon=0.5$	56°	2,39	4,20
Усредненная	51°	2,50	4,33

Численные расчеты проводились на персональном компьютере типа IBM PC 486, точность вычислений  $10^{-3}$ . Время счета для исходной системы составило соответственно 11, 4 и 2 секунды, а для усредненной системы 0.3 секунды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черноусько Ф.Л. *Оценивание фазового состояния динамических систем. Метод эллипсоидов.* - М.: Наука, 1988. 320 с.
2. Филиппов А.Ф. *Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью.* М.: Наука, 1985. 224 с.

## АСИМПТОТИЧЕСКАЯ АППРОКСИМАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

В.М. Савченко

Предлагаемая работа рассматривает возможность использования метода усреднения для построения приближенных оценок множеств достижимости дифференциальных включений. Предложен и математически обоснован алгоритм построения асимптотических оценок решений линейных дифференциальных включений для случая, когда среднее правой части исходного включения не существует.

Рассмотрим линейное дифференциальное включение

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &\in \varepsilon(A(t)x(t) + U(t)), \\ x(0) &= x^0, t \in [0, L\varepsilon^{-1}] \end{aligned} \quad (1)$$

где

$x \in \mathbb{R}^n$ ,  $U: \mathbb{R}^n \rightarrow \text{comp}(\mathbb{R}^n)$  - многозначное отображение,  $L > 0$  - константа.

Рассматривается случай, когда не существует предел

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt \quad (2)$$

Пусть существуют такие множества  $U^-$  и  $U^+$ , что выполняются включения

$$\begin{aligned} \lim_{T \rightarrow \infty} \beta \left( U^-, \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt \right) &= 0, \\ \lim_{T \rightarrow \infty} \beta \left( \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt, U^+ \right) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Далее поставим в соответствие включению (1) два следующих включения

$$\zeta^- \in \varepsilon(\bar{A}\zeta^-(t) + U^-), \zeta^-(0) = x^0, \quad t \in [0, L\varepsilon^{-1}] \quad (4)$$

$$\zeta^+ \in \varepsilon(\bar{A}\zeta^+(t) + U^+), \zeta^+(0) = x^0, \quad t \in [0, L\varepsilon^{-1}] \quad (5)$$

где

$$\bar{A} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt. \quad (6)$$

### Теорема

В области  $Q = \{t \geq 0, x \in D \subset \mathbb{R}^n\}$  выполнены следующие условия:

1.  $A(t)$  и  $U(t)$  - непрерывны (непрерывность  $U(t)$  понимается в смысле метрики Хаусдорфа),  $U(t)$  - ограничено.

2. Существуют выпуклые компактные множества  $U, U^+$ , удовлетворяющие условию (3).

3. Существует  $\bar{A}$ .

Тогда для любых  $\eta > 0$  и  $L > 0$  существует такое  $\varepsilon^0 > 0$ , что при  $\varepsilon \in (0, \varepsilon^0]$  и  $t \in [0, L\varepsilon^{-1}]$  выполняются следующие утверждения:

1. Для любого решения  $x(t)$  включения (1) существует решение  $\zeta^+(t)$  включения (5) такое, что

$$\|x(t) - \zeta^+(t)\| < \eta. \quad (7)$$

2. Для любого решения  $\zeta^-(t)$  включения (4) существует решение  $x(t)$  включения (1) такое, что

$$\|\zeta^-(t) - x(t)\| < \eta. \quad (8)$$

### Доказательство

Докажем первое утверждение. Пусть  $x(t)$  решение включения (1).

Поставим в соответствие включению (1) частично усредненное включение

$$\begin{aligned} \dot{\bar{x}}(t) &\in \varepsilon(\bar{A}\bar{x}(t) + U(t)), \\ \bar{x}(0) &= x^0, \quad t \in [0, L\varepsilon^{-1}] \end{aligned}$$



Оценим разность  $\|\bar{x}(t) - x(t)\|$ . Из теоремы 20.5 [1, стр.158] и замечания [1, стр.159]: следует, что для включений (1) и (8) существуют такие  $C > 0$ ,  $\varepsilon^0 > 0$  и целое число  $k > 0$ , что при  $\varepsilon \in (0, \varepsilon^0]$  справедливо следующее неравенство:

$$\|\bar{x}(t) - x(t)\| \leq C \sqrt[k]{\varepsilon}. \quad (9)$$

Запишем решение  $\bar{x}(t)$  частично усредненного включения в следующем виде

$$\bar{x}(t) = x^0 + \varepsilon \int_0^t \bar{A} \bar{x}(s) ds + \varepsilon \int_0^t \bar{u}(s) ds, \quad (10)$$

Рассмотрим следующую функцию

$$\zeta^+(t) = x^0 + \varepsilon \int_0^t \bar{A} \zeta^+(s) ds + \varepsilon \int_0^t u^+(s) ds, \quad u^+(t) \in U^+. \quad (11)$$

Покажем, что существует такая измеримая функция  $u^+(t) \in U^+$ , что для решений  $x(t)$  и  $\zeta^+(t)$  справедлива оценка (7).

Используя представления (10) и (11), оценим близость решений  $\bar{x}(t)$  и  $\zeta^+(t)$

$$\|\bar{x}(t) - \zeta^+(t)\| \leq \varepsilon \|A\| \int_0^t \|\bar{x}(s) - \zeta^+(s)\| ds + \varepsilon \left\| \int_0^t \bar{u}(s) ds - \int_0^t u^+(s) ds \right\| \quad (12)$$

Из условия(3) следует, что для любого  $\eta_1 > 0$  существует такое  $\varepsilon^1(\eta_1) > 0$ , что для любого  $0 < \varepsilon \leq \varepsilon^1$  выполняется следующее включение

$$\frac{1}{\varepsilon} \int_0^t U(t) dt \subset U^+ + S_{\eta_1}(0).$$

Следовательно, существует такая измеримая функция  $u^+(t) \in U^+$ , что для любой измеримой функции  $\bar{u}(t) \in U$

$$\frac{1}{\varepsilon} \left\| \int_0^t \bar{u}(s) ds - \int_0^t u^+(s) ds \right\| < \eta_1.$$

Следовательно,

$$\varepsilon \left\| \int_0^t \bar{u}(s) ds - \int_0^t u^+(s) ds \right\| < \eta_1 L, \quad (13)$$

Тогда из леммы Гронуола-Беллмана и оценок (12), (13) следует, что

$$\|\bar{x}(t) - \zeta^+(t)\| \leq \eta_1 L e^{\varepsilon \|\bar{A}\|} < \eta_1 L e^{|\bar{A}|L} \quad (14)$$

Используя оценки (9) и (14) получим

$$\|x(t) - \zeta^+(t)\| \leq C\sqrt{\varepsilon} + \eta_1 L e^{|\bar{A}|L}. \quad (15)$$

Выбирая

$$\varepsilon^0 = \min \left\{ \varepsilon^1, \frac{\eta^k}{2^k C^k} \right\} \text{ и } \eta_1 \leq \frac{\eta}{2L e^{|\bar{A}|L}},$$

при  $0 < \varepsilon \leq \varepsilon^0$  и  $t \in [0, L\varepsilon^{-1}]$  получим из (15) оценку

$$\|x(t) - \zeta^+(t)\| \leq \eta,$$

т.е. доказано первое утверждение теоремы. Второе утверждение доказывается аналогично.

**Пример.**

Рассмотрим следующее дифференциальное включение:

$$\dot{x}(t) \in \varepsilon(A(t)x(t) + U(t)), \quad x(0) = x^0,$$

где

$$A(t) = \begin{pmatrix} 2 \cos^2 t & 0 \\ 0 & 2 \sin^2 t \end{pmatrix},$$

$$U(t) = S_{\pi(t)}(0), \quad r(t) = 2 + e^{-t} + 0.5\sqrt{2} \sin \ln(t+1), \quad t \in [0, L\varepsilon^{-1}].$$

Фундаментальная матрица системы имеет вид

$$\Phi(t) = \begin{pmatrix} e^{r(t) \frac{\sin t}{2}} & 0 \\ 0 & e^{r(t) \frac{\sin t}{2}} \end{pmatrix}.$$

Запишем решение при помощи формулы Коши

$$R(t) = \Phi(t)x^0 + \varepsilon\Phi(t)S_1(0) \int_0^t \Phi^{-1}(s)r(s)ds$$

Применим метод усреднения к включению, но среднее  $\bar{U}(t)$  в данном случае не существует. Очевидно, что  $U(x)$ , и  $U^+(x)$  существуют и тогда включения (4) и (5) примут следующий вид:

$$\dot{x}^-(t) \in \varepsilon(\bar{A}x^-(t) + S_{1,5}(0)), \quad x^-(0) = x^0, \quad t \in [0, L\varepsilon^{-1}],$$

$$\dot{x}^+(t) \in \varepsilon(\bar{A}x^+(t) + S_{2,5}(0)), \quad x^+(0) = x^0, \quad t \in [0, L\varepsilon^{-1}],$$

Запишем решение полученных включений при помощи формулы Коши

$$R^-(t) = e^{\bar{A}t}x^0 + S_{1,5}(0)C(t), \quad R^+(t) = e^{\bar{A}t}x^0 + S_{2,5}(0)C(t),$$

где

$$C(t) = \begin{pmatrix} e^{\sigma-1} & 0 \\ 0 & e^{\sigma-1} \end{pmatrix}, \quad \bar{A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Очевидно, что для исходного включения выполнены все условия теоремы и, следовательно, для любого  $\eta > 0$  существует такое  $\varepsilon > 0$ , что

$$R^-(t) \in R(t) + S_\eta(0), \quad R(t) \in R^+(t) + S_\eta(0).$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плотников В.А. Метод усреднения в задачах управления. - Киев-Одесса: Лыбидь, 1992. 188 с.
2. Филиппов А.Ф. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью, М.: Наука, 1985. 224 с.

## ОБГРУНТОВАНИЙ ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ЦИКЛІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННЮ

О.М. Шумило

Для обґрунтованого вибору матеріалу для відповідальних деталей, що підлягають циклічному навантаженню і повинні мати тривалий строк служби, немає належного наукового підґрунтя. За звичай матеріал вибирають, перевіряють, а потім підраховують, чи буде забезпечена потрібна довговічність деталі для заданого режиму навантаження. Таким чином вдається більш-менш наблизитися до оптимального варіанту вибору. Це, так би мовити, пошук методом навромацки.

Виникає питання, чому ж не можна вирішити питання у зворотньому, тобто прямому порядку: вибрати зразу той матеріал, що найкраще відповідатиме конкретній ситуації. Виявляється, що така задача не з простих, вирішення її вимагає іншого підходу, за яким вона лише й може бути досягнена.

Справа в тім, що реальний режим навантаження, як правило, складається з широкого спектру напруг від великих до дуже малих, і які з цих напруг треба розглядати як пошкоджуючі, а які ні - невідомо. Є таке поняття як нижня границя пошкоджуючих напруг, яка приблизно складає від 0.5 до 0.8 від границі витривалості і залежить від того, як розподілені напруги вище цієї границі. Але спочатку границя витривалості невідома й тому навіть приблизно призначити нижню границю складно. Окрім того, якщо й виходити з границі витривалості як відомої величини, то невизначеність залишається, бо яку частку від неї складатиме нижня границя пошкоджуючих напруг точно не можна сказати. Отже, задача не буде мати строгого рішення.

Згаданий вище новий підхід зводиться до того, що дійсний спектр навантаження, яким він не був би, замінюється еквівалентним двоохступінчастим режимом, вища наруга якого співпадатиме з вищою напругою дійсного режиму, а нижча буде замінювати всі останні напруги дійсного спектру. Мається на думці, що ця нижча наруга перевищує границю витривалості, бо інакше не може бути. Дійсний спектр не можна зразу звести до регулярного режиму (наприклад, тієї ж найбільшої сталої напруги) через невизначеність межі пошкоджуючих напруг, про що вже згадувалось. Що треба мати для такої заміни? По-перше, робочу гіпотезу для переходу від дійсного режиму навантаження до еквівалентного двоохступінчастого, хоча б на момент повного виснаження ресурсу (на момент зруйнування деталі), а це на будь-який

попередній момент. По-друге, виходячи з поняття граници витривалості як характеристики, що визначає міцність деталі при нескінченно великому (безмежному) напруженні для заданої ймовірності незруйнування треба мати математичну залежність цього напруження (числа циклів) від напрути у необмеженому просторі багатоциклової втомленості. По-третє, для тієї моделі кривої втомленості, що відповідає попередній умові, треба мати засіб для побудування і (або) відтворення індивідуальної кривої втомленості, у вигляді зв'язків між параметрами цієї кривої, аргументом яких є границя витривалості.

Розгляд наведених умов слід розпочати з моделі потрібної кривої втомленості, бо зрозуміло, що традиційна двохланкова крива втомленості з горизонтальним правим відрізком не задовольняє другій умові і не може використовуватися в канонічному вигляді. Треба мати модель, яка б була єдиною для всієї багатоциклової втомленості або апроксимувала правий відрізок традиційної кривої математичною залежністю. Такою моделлю може слугувати модель Вейбулла або близька до неї. Але ці єдині моделі неоднаково добре описують поведінку деталей в різних інтервалах довговічностей. Зокрема, поширена модель Вейбулла добре описує поведінку деталей поблизу границі витривалості і трохи гірше поблизу верхньої межі багатоциклової втомленості. Через те було запропоновано нову форму двохланкової кривої втомленості [2] з правим відрізком за функцією Вейбулла і лівим відрізком за степеневою або показниковою функцією.

Було доведено, що найдоцільніше використовувати таку криву втомленості нової форми, відрізки якої перетинаються, а не дотикаються [3]. При цьому досягається найкраще співпадання результатів дослідів з математичною моделлю кривої втомленості.

У першому наближенні абсцису  $N_n$  нижньої точки перетину відрізків логічно прийняти такою, як у традиційної кривої втомленості  $N_G$ , тобто  $N_n = N_G$ , хоча це питання ще потребує деякого уточнення.

Нехай лівий відрізок кривої втомленості підкоряється показниковій функції

$$\sigma^m N = \sigma_R^m N_G = 10^c = const, \quad (1)$$

де  $\sigma$  і  $N$  - поточні напруга і відповідна їй довговічність до зруйнування;  $\sigma_R$  - границя витривалості;

$N_G$  - абсциса точки, в якій лівий відрізок за функцією (1) переходить в умовну горизонталь традиційної кривої втомленості, тобто визначає кінець лівого відрізка кривої;

$m$  і  $c$  - параметри, до параметрів кривої втомленості належить і границя витривалості, яка визначає абсцису  $N_G$ , або яку визначає ця величина.

Для правого відрізка можна прийняти функцію Вейбулла

$$(\sigma - \sigma_R)^{m_1} N = 10^{c_1} = const, \quad (2)$$

де  $m_w$  і  $C_w$  - параметри, аналогічні параметрам  $m$  і  $C$  функції (1), реліта величин має попередні значення. Границя витривалості  $\sigma_R$  тепер безпосередньо входить до функції (2). За функцією (2) крива втомленості може бути єдиною для всього інтервалу багаточислової втомленості. І це її очевидна перевага. Проте, як вже зазначалось, при малих довговічностях  $N$ , особливо поблизу межі з малоцикловою втомленістю ( $N_{cr} = (1.0 - 1.5)10^5$  циклів), вона дещо гірше відповідає дослідним даним, ніж функція (1). І це виправдовує поєднання функцій (1) і (2) у двохланкову криву втомленості нової форми з відрізками, що перетинаються. У такої кривої добре спрацьовує лівий відрізок приблизно до довговічності 0.9-0.95 від абсциси  $N_G$ , а нижче якнайкраще спрацьовує правий відрізок.

Неодноразово доведено [1,5], що функції (2) мало поступається найпростіша з функцій

$$(\sigma - \sigma_R)N = 10^{C_w} = \text{const}, \quad (3)$$

яку названо уніфікованою функцією Вейбулла, параметр  $m_w$  якої дорівнює одиниці і таким приймається незалежно від матеріалу, розмірів і форми деталей, завдяки чому її використання стає дуже перспективним. Надалі будемо виходити з функції (1) для лівого відрізка і функції (3) для правого відрізка кривої втомленості нової форми.

Окремо слід підкреслити, що крива втомленості нової форми, в якій використовуються дві різні функції, надає пошуку індивідуальних властивостей деталі додаткові можливості, що вже було доведено [2] і що ще буде показано далі.

Параметри  $m$  і  $C$  функції (1), параметри  $m_w$  і  $C_w$  функції (2) і параметр  $C_w$  функції (3) пов'язані з границею витривалості  $\sigma_R$  тісними кореляційними зв'язками [1,4,5]

$$m = f(\sigma_R) = a \sigma_R + b, \quad (4)$$

$$C = F(\sigma_R) = a(m+1)lg \sigma_R + \beta, \quad (5)$$

$$m_w = f_w(\sigma_R) = a_w \sigma_R + b_w, \quad (6)$$

$$C_w = F_w(\sigma_R) = a_w \sigma_R + \beta_w, \quad (7)$$

$$C_w^* = F_w^*(\sigma_R) = a_w^* \sigma_R + \beta_w^*, \quad (8)$$

де  $a, b, \alpha, \beta, a_w, b_w, \alpha_w, \beta_w, \alpha_w^*, \beta_w^*$  - коефіцієнти. При вираженні  $\sigma_R$  в Мегапаскалях для сталевих деталей  $a = 0.027, b = 1.40, \alpha = 0.997, \beta = 4.25$  (середнє значення),  $a_w = 0.002, b_w = 0.800, \alpha_w = 0.005, \beta_w = 6.600$  (середнє значення),  $\alpha_w^* = 1.000, \beta_w^* = 5.100$ .

За зв'язками (4), (5) легко підрахувати абсцису  $N_G$  традиційної кривої втомленості з лівим відрізком за функцією (1) і правим горизонтальним відрізком за рівнянням  $\sigma = \sigma_R$

$$\lg N_G = [(\alpha-1)m + \alpha] \lg \sigma_R + \beta, \quad (9)$$

або для сталевих деталей

$$N_G = 10^{4.259} \sigma_R^{0.997-0.603m} \quad (10)$$

За зв'язками (4), (5) можна відшукати індивідуальну криву втомленості. Якщо в досліді при сталій напрузі  $s$  одержано довговічність  $N$  до зруйнування,

$$\sigma^{f(\sigma_R)} N - 10^{F(\sigma_R)} = 0, \quad (11)$$

то з рівняння (11) знаходимо границю витривалості  $\sigma_R$ , а з тим за зв'язками (4), (5) - параметри  $m$  і  $C$ . До речі, зв'язками (4), (5) можна користуватися, поки дослідна довговічність  $N < N_G$ , обчисленої за виразами (9) чи (10).

Якщо з дослідів випливає, що  $N > N_G$  або, тим паче  $N \gg N_G$ , то слід звернутись до функції (2), або (3), і зв'язків (6), (7), або (8), склавши рівняння

$$(\sigma - \sigma_R)^{f_w(\sigma_R)} N - 10^{F_w(\sigma_R)} = 0, \quad (12)$$

або рівняння

$$(\sigma - \sigma_R) N - 10^{F_w(\sigma_R)} = 0. \quad (13)$$

З рівняння (13) при вказаних вище коефіцієнтах у зв'язку (8) випливає проста алгебраїчна формула для визначення границі витривалості

$$\sigma_R = \sigma / (1 + 10^{5.1} / N), \quad (14)$$

яку можна вживати при дослідних довговічностях  $N$ , більших за  $10^{5.1}$  циклів (краще, більших за  $3 \cdot 10^5$  циклів). Перевірка формули (14) по багатьох експериментальних даних показала її високу конкурентоздатність [1,4,5]. Використання формули (14) порівняно з рівнянням (12) дуже спрощує пошук індивідуальної границі витривалості.

Справедливість лінійної гіпотези підсумування втомленісних пошкоджень на момент зруйнування деталі легко довести, якщо при обчисленні циклових відношень виходити з індивідуальної кривої втомленості.

Покладемо, що реальний режим навантаження зведено до дискретного як найбільш загального блочного режиму, упорядкованого у вигляді низхідного варіаційного ряду з найбільшою напругою  $\sigma_1$  і найменшою  $\sigma_n$ . Тоді за

граничним станом підсумування втомленіших пошкоджень відповідно до лінійної гіпотези буде мати вигляд

$$\sum_{i=1}^k (n_i / N_i) = 1, \quad (15)$$

де  $k$  - кількість сходинок (рівнів) упорядкованого спектру напруг;

$n_i$  - напрацювання при напрузі  $\sigma_i$  за час роботи до зруйнування;

$N_i$  - довговічність до зруйнування при сталій напрузі  $\sigma_i$ , яку обчислюємо за кривою втомленості;

$n_i / N_i$  - циклове відношення на рівні  $\sigma_i$ . Упорядкований, дискретний режим, еквівалентний дійсному стохастичному режимові, будемо вважати за реальний (дійсний).

Нехай всі напруги  $\sigma_i$  реального режиму перевищують границю витривалості, а циклові відношення обчислюються за індивідуальною кривою втомленості, тобто за кривою, що належить деталі, яка зруйнувалася при нерегулярному навантаженні і дійсному режимі. Вичерпання ресурсу при дійсному режимі прирівнюємо його при якійсь сталій напрузі, наприклад, при напрузі  $\sigma_1$ .

Стовсно функції (1) записуємо

$$\sum_{i=1}^k \sigma_i^{f(\sigma_R)} n_i = \sigma_1^{f(\sigma_R)} N_1 = 10^{F(\sigma_R)}, \quad (16)$$

а стосовно функції (2) і (3) записуємо

$$\sum_{i=1}^k (\sigma_i - \sigma_R)^{f_w(\sigma_R)} n_i = (\sigma_1 - \sigma_R)^{f_w(\sigma_R)} N_1 = 10^{F_w(\sigma_R)} \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^k (\sigma_i - \sigma_R) n_i = (\sigma_1 - \sigma_R) N_1 = 10^{F_w(\sigma_R)}. \quad (18)$$

Оскільки обчислення довговічності  $N_i$ , а значить і довговічності  $N_1$  ведеться за індивідуальними кривими втомленості, то вирази (16) і (17) можна розділити на їхні праві частини як постійні величини. Тоді в кожному члені сум лівих частин виразів (16) - (18) у знаменнику з'явиться довговічність  $N_i$  і кожний з цих виразів прийде до формули (15), тобто підтвердить справедливість лінійної гіпотези у зазначеній постановці. Як видно, гіпотеза підтверджується незалежно від моделі кривої втомленості, і це природно.

Отже, маємо все необхідне для того, щоб реальний спектр навантаження звести до еквівалентного йому двохступінчастого режиму, у якого більша напруга співпадає з напругою  $\sigma_1$  реального режиму, а менша напруга  $\sigma_2$  буде слугувати еквівалентом всіх  $k-1$  напруг реального режиму. При такому пере-



ході не доведеться говорити про нижню границю пошкоджуючих напруг, бо її вплив враховується напрутою  $\sigma_2$  двохступінчастого режиму. При цьому сумарне напруцювання  $N_\Sigma = \Sigma p$ , будемо вважати строго однаковим для дійсного багатоступінчастого і еквівалентного двохступінчастого режимів. Сумарне напруцювання для останнього дається формулою

$$N_\Sigma = 1 / (\beta_1 / N_1 + \beta_2 / N_2), \quad (19)$$

де  $\beta_1$  і  $\beta_2$  - відносні тривалості дії напруг  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$  еквівалентного двохступінчастого режиму (обидві перевищують границю витривалості),  $\beta_1 = p_1 / N_\Sigma$ ,  $\beta_2 = p_2 / N_\Sigma$ ;

$N_1$  і  $N_2$  - довговічності при напругах  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$ . Напруга  $\sigma_1$  відома, а напруга  $\sigma_2$  і довговічності  $N_1$  і  $N_2$  невідомі. Ці невідомі треба відшукати і тоді можна буде знайти границю витривалості  $\sigma_R$  деталі, яка відповідає заданому напруцюванню  $N_\Sigma$ .

Позначимо відношення  $\sigma_1 / \sigma_R = d$ ,  $\sigma_2 / \sigma_R = f$  і покажемо, що за функцією (3) довговічність  $N_\Sigma$  згідно з формулою (19) не залежить від рівня міцності деталі (її границі витривалості), а залежить лише від відношень  $d$  і  $f$ . Для цього визначасмо довговічність  $N_1$  і  $N_2$  з функції (3), в якій  $10^{0.5}$  приймемо за зв'язком (8), тобто таким, що дорівнює  $10^{5.1} \sigma_R$ . Тоді формулу (19) можна переписати так:

$$N_\Sigma = \frac{1}{\frac{\beta_1(\sigma_1 - \sigma_R)}{10^{5.1} \sigma_R} + \frac{\beta_2(\sigma_2 - \sigma_R)}{10^{5.1} \sigma_R}} = \frac{1}{\beta_1(d-1) + \beta_2(f-1)} \quad (20)$$

З формули (20) видно, що при будь-якій границі витривалості, але при заданих  $d$  і  $f$  сумарне напруцювання залишається однаковим. Цей важливий висновок навіть важко збагнути з першого погляду, але насправді тут немає нічого дивного, адже за функцією (3) довговічність  $N$  визначається різницею напруг  $\sigma - \sigma_R$ . При більшій  $\sigma_R$  та ж різниця досягається при більшій напрузі  $\sigma$ , а при збереженні відношення  $\sigma / \sigma_R$ , тобто вже при збільшеній різниці, забезпечується однакова довговічність  $N$ . З другого боку, однакову довговічність  $N_\Sigma$ , як видно з формули (20), можна одержати при різних сполученнях відношень  $d$  і  $f$  для заданого відношення  $\beta_1$  (і відповідно  $\beta_2 = 1 - \beta_1$ ).

Щоб знайти вихідну або потрібну границю витривалості  $\sigma_R$ , поступимося заданим вище припущенням щодо абсциси  $N_0$  точки перетину лівого і правого відрізків кривої втопленості нової форми як сталої величини і використаємо верхню точку перетину цих відрізків. Окрім того, покладемо, що верхня точка перетину відрізків ординатою має відому напругу  $\sigma_1$  (при цьому нижня точка перетину відрізків буде мати змінну абсцису  $N_0$ ). Заседемо двохступінчастий спектр навантаження до регулярного навантаження напругою  $\sigma_1$ . За лінійною гіпотезою і функцією (3) будемо мати

$$(\sigma_1 - \sigma_R)n_1 + (\sigma_2 - \sigma_R)n_2 = (\sigma_1 - \sigma_R)N_1, \quad (21)$$

де  $\sigma_1$ ,  $n_1$ , і  $n_2 = N_2 - n_1$  - відомі, а  $\sigma_2$ ,  $\sigma_R$ ,  $N_1$  - невідомі. Вираз (21) перепишемо у вигляді

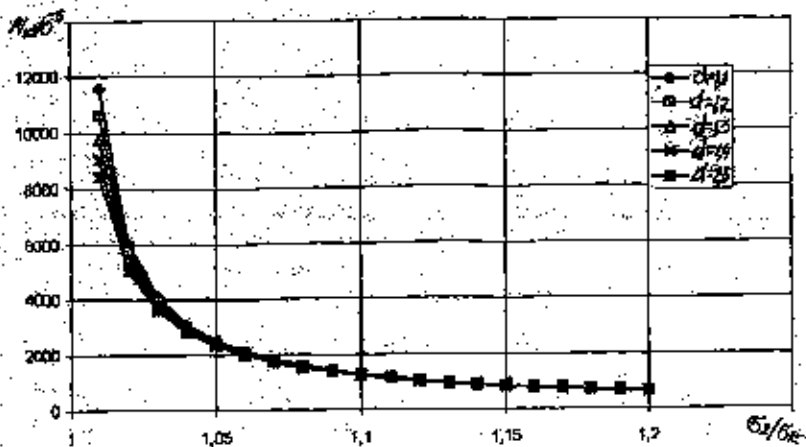
$$n_1 + n_2(f-1) / (d-1) = N_1, \quad (22)$$

де  $N_1$  можна виразити з функції (1)  $N_1 = 10^{f(\sigma_1)} / \sigma_1^{f(\sigma_1)}$  як моделі лівого відрізка кривої втомленості, а замість відношення  $d$  відновити його значення. Вираз (22) зведеться до виразу з одним невідомим - границею витривалості  $\sigma_R$ , якщо відношення  $f$  зафіксувати, а напруту  $\sigma_1$  і напруцювання  $N_2$  вважати заданими (відомими),

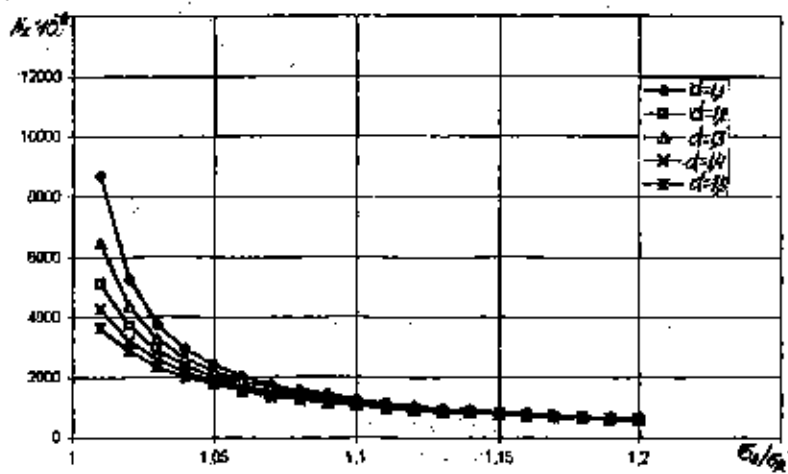
$$n_1 + \frac{f-1}{\sigma_1/\sigma_R - 1} \cdot n_2 - 10^{f(\sigma_1)} / \sigma_1^{f(\sigma_1)} = 0. \quad (23)$$

За цієї умови однакового напруцювання  $N_2$  можна досягти для низки зафіксованих відношень  $f$  і пов'язаних з ними відношень  $d = \sigma_1 / \sigma_R$ , і кожному сполученню  $f$  і  $d$  за виразом (23) відповідатиме своя границя витривалості. Врешті рещт дійдемо до такого найбільшого відношення  $f$  і найменшого  $d$ , або найменшого  $f$  і найбільшого  $d$ , для яких ще буде забезпечуватися задане напруцювання  $N_2$ . Оце найбільше відношення  $f$  і найменше  $d$ , або найменше  $f$  і найбільше  $d$  і та найбільша границя витривалості, що їм відповідає, і визначатимуть оптимальні властивості деталі і оптимальну заміну  $k-1$  напруг реального спектра напругою  $\sigma_2$  двохступінчатого режиму, яку за знайденою границею витривалості неважко знайти.

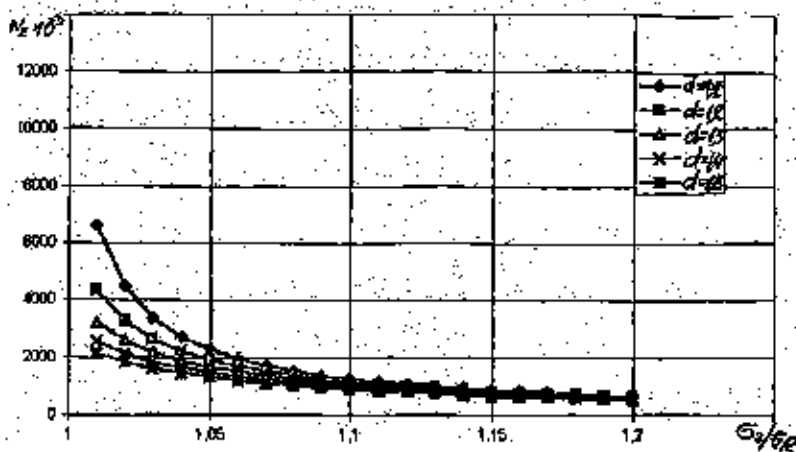
На рис. 1 показані залежності сумарного напруцювання  $N_2$  від відношення  $f$  по параметру  $d$ , побудовані згідно з формулою (20) для різних відношень  $b_1 = 0.01, 0.05, 0.10, 0.15$ . Якщо на графіку з заданим  $\beta_1$  провести горизонталь, що відповідає конкретному напруцюванню  $N_2$ , то вона перетне безліч залежностей  $N_2(f)$  для різних  $d$ . Рухаючись вправо, будемо мати ту ж  $N_2$  при більшому  $f$  і меншому  $d$  і теоретично може виникнути така ситуація, що відношення  $f$  досягне і перевищить відношення  $d$ . Це буде означати, що напруги  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$  зрівнялись і двохступінчатий режим відповідатиме сталому з еквівалентною напругою  $\sigma_E = \sigma_1 = \sigma_2$  і довговічністю  $N_2$ , а відношення  $b_1$  і  $b_2$ , що в сумі дорівнюють одиниці, стали однаковими. Тоді границя витривалості визначиться за формулою (14), оскільки згадана напруга  $\sigma_1$  задана і прийме максимальне значення. Подальше пересування вправо по горизонталі  $N_2 = \text{const}$ , що приведе до перевищення  $f$  над  $d$ , повертає до попереднього випадку. Чи можна таку ситуацію приймати за екстремальну?



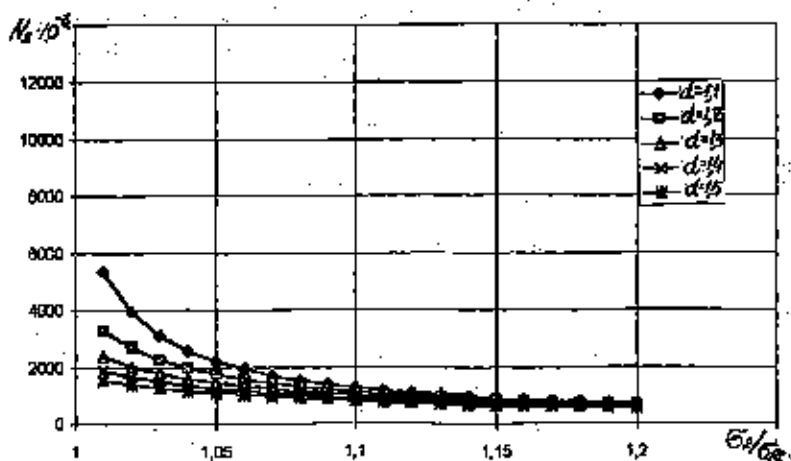
a



6



В



Г

Рис. 1. Залежність загального напрацювання  $N_z$  від відношення  $f = \sigma / \sigma_R$  при  $\beta_1 = 0.01$  (а),  $\beta_1 = 0.05$  (б),  $\beta_1 = 0.1$  (в),  $\beta_1 = 0.15$  (г) параметру  $d = \sigma_f / \sigma_R$

З рис. 1 видно, що вирішення цього питання треба ставити в залежність від самого напруження  $N_z$ . Якщо воно дуже велике, то як відношення  $d$ , так і відношення  $f$  не можуть бути значними. Рухаючись вліво по горизонталі  $N_z = \text{const}$  відношення  $f$  зменшується, а відношення  $d$  збільшується і можна знайти таку залежність  $N_z(f)$ , тобто таке значення параметра  $d$  (як вказувалось, залежності  $N_z(f)$  будувались на рис. 1 по параметру  $d$ ), що відповідатиме  $f = 1$ . І тоді знову в пригоді стане формула (14), як буде показано далі.

При дуже малих напруженнях  $N_z$ , як видно з рис. 1, залежності  $N_z(f)$  при різних, і великих, і малих  $d$ , зближуються і створюють густий жмуток (горстку), що розташувалася майже паралельно осі  $f$ . Вплив відношення  $d$ , можливо не стає меншим, але визначається набагато важче. Жмуток залежностей  $N_z(f)$  стає все більш звуженим і в області малих  $f$  при зменшенні відношення  $\beta_1$ , що дозволяє замінити цей жмуток однією лінією і дуже спрощує використання залежностей  $N_z(f)$  на практиці.

Аналізуючи графік рис. 1, розглянемо два окремих випадки. Нехай в першому випадку мова йтиме про конкретну деталь з конкретною границею витривалості. Тоді зменшення відношення  $f$ , тобто наближення напруги  $\sigma_2$  до границі витривалості  $\sigma_R$  дозволить для забезпечення заданого напруження  $N_z$  підняти напругу  $\sigma_1$  і відношення  $d$ . Коли відношення  $f$  досягне одиниці, а  $\sigma_2 = \sigma_R$ , то це буде свідчити про те, що напруга  $\sigma_2$  не тільки зрівнялась з  $\sigma_R$ , а й зрівнялась з нижньою границею пошкоджуючих напруг, бо вона не викликає ніякого пошкодження. Пошкодження спричиняє лише напруга  $\sigma_1$ . Двохступінчатий спектр зведеться до регулярного режиму з напругою  $\sigma_1$ , довговічність при якій складатиме  $n_2 = \beta_1 N_z$  (тут і враховуються фактичні значення  $\beta_1$  і  $N_z$ ). Границя витривалості прийме мінімальне значення і визначиться формулою (14), яка запишеться у вигляді

$$\sigma_{Rmin} = \sigma_1 / \{1 + 10^{0.1} / (\beta_1 N_z)\} \quad (24)$$

Упродовж часу, тобто протягом  $n_2 = N_z - n_1$  циклів деталь навантажуватиметься напругами, меншими нижньої границі пошкоджуючих напруг (працюватиме начебто вхолосту), так що задане загальне напруження буде одержано.

У другому випадку, коли напруга  $\sigma_1$  зафіксована (відома) зниження  $f$  і підвищення  $d$  досягається інакше - за рахунок зміни самої границі витривалості. Справді, якщо зменшувати за рахунок більш швидкого зменшення напруги  $\sigma_2$ , ніж зменшування границі витривалості, то відношення  $\sigma_1 / \sigma_R$  буде рости, а для забезпечення заданого  $N_z$  можна брати все слабкіший матеріал, аж поки довговічність при нарузі  $\sigma_1$  не спаде до  $n_1$  циклів. Потрібна мінімальна границя витривалості визначиться тією ж формулою (24).

Підвищення відношення  $f$  за рахунок більш швидкого росту напруги  $\sigma_2$

порівняно з ростом самої границі витривалості приведе до зменшення відношення  $d$  (напруга ж  $\sigma_1$  стала, а границя витривалості  $\sigma_R$  зросла). Відношення  $f$  і  $d$  прямуватимуть на зустріч одне одному. Теоретично вони можуть зрівнятися, а двохступінчатий режим зведеться до регулярного, як зазначалось.

В обох випадках, - чи то за рахунок зменшення напруги  $\sigma_1$  до рівня еквівалентної напруги  $\sigma_E$ , чи то за рахунок підвищення границі витривалості аж до рівня  $\sigma_1 = \sigma_E$  досягається задане напрацювання  $N_x$ . Границя витривалості визначається за формулою (14) по напрацюванню  $N_x$ .

Наведені тлумачення вимагають ретельної перевірки по результатах випробувань на втомленість зразків і деталей із різних конструкційних сталей, при різних випадках напруженого стану і коефіцієнтах асиметрії циклу. Важливо, щоб перевірка охоплювала режими нерегулярного навантаження з малими і великими тривалостями навантаження напрутою  $\sigma_1$  і з різними кількостями рівнів напруг. Якщо така перевірка принесе позитивні результати, доцільно буде розробляти наступні етапи задачі з обґрунтованого вибору матеріалу для гарантованого діапазону напрацювань  $N_x$ . Ці етапи зведуться до визначення границь витривалості матеріалів (лабораторних зразків) по необхідних границях витривалості реальних деталей.

Таким чином, з рівняння (23) випливає, що екстремальній границі витривалості відповідатиме найбільше зближення відношень  $f$  і  $d$ , при якому ще досягається задане загальне напрацювання  $N_x$ . Можливо, що в окремих випадках при збільшенні  $f$  і зменшенні  $d$  настане  $f = d$ , і тоді двохступінчатий режим зведеться до регулярного з довговічністю  $N = N_x$ . Зменшення  $f$  аж до  $f = 1$  при  $\sigma_1 = \text{const}$  відповідатиме найбільшому  $d$ , але за рахунок зменшення  $\sigma_R$ , для якого лише частка  $\beta_1 N_x$  загального напрацювання обумовить довговічність на рівні  $\sigma_1$ ,  $N = \beta_1 N_x$ . Якщо зважити на те, що в даному разі деталь навантажуватиметься лише напрутою  $\sigma_1$ , а двохступінчатий режим замінюється регулярним з напрутою  $\sigma_1$ , то задане напрацювання  $N_x$  все ж таки буде забезпечено, бо за час роботи при нарузі  $\sigma_2$  (всіх напруг від другої до останньої дійсного режиму) деталь працюватиме вхолосту, хоча число циклів буде нараховуватися. В цьому разі відношення  $d$  і  $f$  будуть найвіддаленішими. Ясна річ, що у бік до граничного зменшення  $f$  прямувати, як правило, не доводиться. Таке явище може стати у пригоді в дуже рідких випадках, наприклад, для деталей штампувальних молотів, які навантажуються максимальною напрутою при ударі, а за час їхнього підйому майже розвантажуються. Отже, типовим залишиться випадок, коли режим навантаження не дозволяє знизити  $\sigma_2$  до  $\sigma_R$ , а стремління максимально знизити масу деталі спрямує пошук її матеріалу за рахунок збільшення інтенсивності навантаження відношенням  $f$ .

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кравцов Т.Г., Стальниченко О.И., Олейник Н.В. Восстановление деталей наплавкой и оценка их прочности. - К.: Вища школа, 1994. - 252 с.

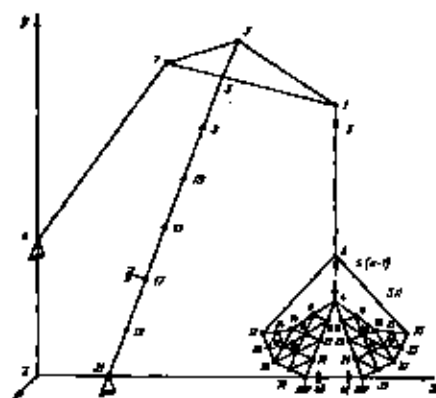
2. Олейник Н.В., Коноплев А.В. Ускоренное определение характеристик сопротивления усталости материалов и деталей //Заводская лаборатория.- 1994. -№11.- С.54-57
3. Олійник М.В., Кібаков О.Г., Хомяк Ю.М. Обробка результатів прискорених випробувань на втомленість та обумовлена нею форма кривої втомленості /Одес. держ. мор. ун-т.- Одеса. - 1995. - 26 с.- Деп. у ДНТБ України 10.07.95, №1766- Ук 95.
4. Олійник М.В., Стальніченко О.І., Шемшур М.А. Визначення опору втомленості відновлених судових деталей. - Одеса: Астропринт, 1998. - 176 с.
5. Олейник Н.В., Магденко А.Н., Скляр С.П. Сопротивление усталости материалов и деталей машин в коррозионных средах.- К.: Наук. думка, 1987.- 200 с.
6. Олейник Н.В., Курочкин Л.Я. Сопротивление усталости стальных конструкций в морской воде. - Одесса: Астропринт, 1999. - 168 с.

## КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНЫЕ МОДЕЛИ КАНАТНЫХ ГРЕЙФЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ

А.М.Ясиновский

Развитие современного грейферостроения характеризуется жесткими требованиями к соотношению массы конструкции и зачерпываемого материала. Для грейферов следующего поколения факторы прочности и жесткости являются важнейшими при определении их качественных показателей, оценить которые невозможно без современных методов расчета на базе широкого использования ЭВМ.

При выборе параметров грейфера достичь требуемого уровня расчетов значительно проще, если рассматривать канатный грейфер одновременно со стреловой системой крана при их взаимодействии. Для решения этой сложной задачи впервые реализована конечноэлементная модель системы стрела-грейфер. Она представлена пространственной системой в виде набора конечных элементов (КЭ) стержневой и треугольной аналогии расчета на прочность и жесткость с использованием персональных ЭВМ.



*Рис.1. Конечноэлементная модель системы стрела-грейфер*

Стреловое устройство аппроксимировано совокупностью пространственных стержневых КЭ, имеющих линейные перемещения вдоль осей координат и углы поворота вокруг этих осей. На рис.1 представлена шарнирно-со-



членная укосина, состоящая из 12 КЭ коробчатого сечения. В узлах сочленения хобота со стрелой и оттяжкой, рейки и противовеса со стрелой, а также стрелы и оттяжки с колонной крана введены шарниры относительно оси  $y$ . В узлах сочленения стрелы и оттяжки с колонной наложены ограничения на линейные перемещения и углы поворота. В месте соединения стрелы с рейкой и тягой противовеса для определения усилия в них введен КЭ, моделирующий связь конечной жесткости. КЭ 1-2 схематизирует канат с учетом его жесткости, а КЭ 2-4 – грейферный полиспаст любой кратности; тяги грейфера КЭ 2-32 и 2-39 – стержневые элементы коробчатого, двутаврового или круглого сечения.

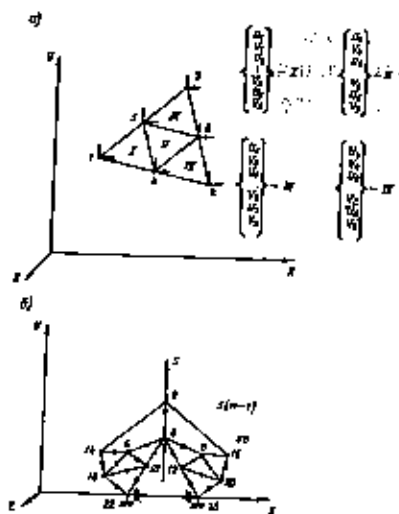


Рис.2. Расчетная схема канатного грейфера;  
а - треугольный КЭ с шестью узлами; б - предлагаемая схема  
разбивки на базе КЭ

Челюсти грейфера аппроксимированы треугольными КЭ с шестью узловыми точками (рис.2). Применение сложных комплекс-элементов, у которых число коэффициентов аппроксимирующего полинома превышает размерность задачи более чем на единицу, позволяет использовать более редкие сетки, однако процесс формирования системы уравнений в этом случае значительно усложняется, что приводит к увеличению машинного времени. Матрица жесткости элемента получена нами путем использования простейших симплекс-элементов, у которых полином, описывающий поле перемещений, содержит число коэффициентов на единицу больше, чем размерность задачи:

$$\{R\} = [K] \{q\},$$

где  $[K]$  – матрица жесткости системы порядка  $12 \times 12 = 144$ ,  
коэффициент которой определяет упругие свойства КЭ

$\{q\}$  – вектор неизвестных узловых перемещений КЭ

$$\{q\} = \{U_1 V_1 \ U_2 V_2 \ U_3 V_3 \ U_4 V_4 \ U_5 V_5 \ U_6 V_6\}$$

$\{R\}$  – вектор внешних узловых нагрузок

$$\{R\} = \{R_{x1} \ R_{y1} \ R_{x2y2} \ R_{x3y3} \ R_{x4y4} \ R_{x5y5} \ R_{x6y6}\}$$

Напряжение в КЭ определяется исходя из следующих матричных зависимостей

$$\{\sigma\} = [E\sigma] \{q\}$$

где  $\{\sigma\}$  – вектор напряжений компонентов деформации

$$\{\sigma\} = \{\sigma_{x1} \ \sigma_{y1} \ \tau_{xy} \ \sigma_{x2y2} \ \sigma_{y2} \ \tau_{xy2} \ \sigma_{x3y3} \ \sigma_{y3} \ \tau_{xy3}\}$$

$[E\sigma]$  – матрица напряжений

$$[E\sigma] = \frac{[K]}{[D]^T \cdot hF}$$

где  $h$  и  $F$  – соответственно толщина и площадь КЭ.

$[D]$  – матрица деформации.

Рассматриваемое конечноэлементное моделирование системы стрелогрейфер позволило в 3 раза снизить трудоемкость подготовки исходных данных и обработки результатов счета при решении комплекса задач, изложенных в работах (1-4), что дает возможность его рекомендовать для практических расчетов. Предлагаемый подход рассматривается впервые и открывает новые пути повышения надежности и совершенствования канатных грейферов на базе САПР.

При дальнейшей отработке выбранного базового варианта конструкции в расчетах на прочность рекомендуется придерживаться последовательности приближения «нагрузки – рациональные параметры сечений и формы – толщины и жесткости элементов – нагрузки», что является весьма эффективным способом при оптимизации конструкций канатных грейферов.

Последующий окончательный анализ напряженно-деформированного состояния выполняется на базе математического моделирования металлоконструкции грейфера, в основу которого положен метод конечных элементов (МКЭ). Исходная конструкция для различных вариантов схематизирована совокупностью треугольных или прямоугольных конечных элементов (КЭ 41 и 42 ВК «Лира») плоской задачи теории упругости, использование которых обусловлено возможностью покрытия области любой конфигурации и при-

менимостью стандартных матриц жесткости, что представлено на рис.3 и рис. 4.

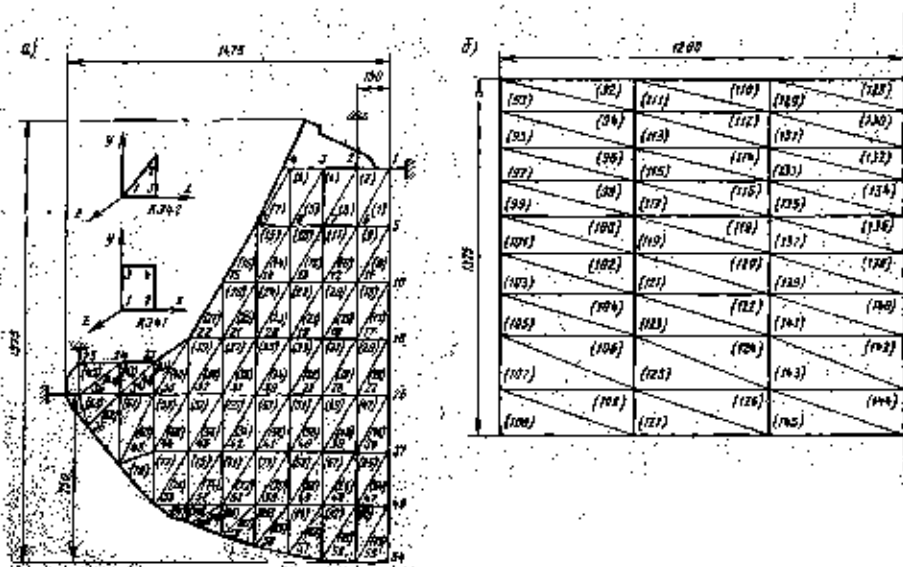


Рис.3. Разделение челюсти грейфера на прямоугольные и треугольные конечные элементы: а - боковины челюсти; б - днище челюсти

Методы, разработанные в ОИИМФе, позволяют на стадии проектирования найти рациональные параметры, выявить возможность снижения традиционной массы и оценить надежность системы от уровня напряженности по традиционному соотношению: долговечность грейфера уменьшается пропорционально квадрату напряженности. Такой подход позволяет не только выявить опасные места и оценить напряженность, но и регулировать усилия и перемещения в системах на стадии проектирования, оптимизировать их и обосновывать снижение собственной массы конструкций в пределах от 2% до 8 % без ущерба для долговечности с учетом жестких требований, предъявляемых к грейферам.

Используя предлагаемое моделирование удалось заложить новые нормы надежности в стандарт /5/, одним из разработчиков которого был ОИИМФ и который сегодня является действующим стандартом Украины, а так же предложить жесткие параметры грейферов нового поколения для морских портов и ряда отраслей.

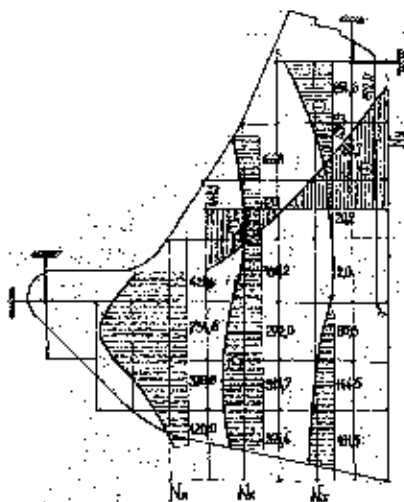


Рис.4. Искомые параметры напряжённно-деформированного состояния

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ясиновский А.М. Влияние прочностных и массовых характеристик грейферов на их долговечность // Морские порты : инженерные сооружения и средства механизации. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1989. – С.83-85. / ОИИМФ /.
2. Ясиновский А.М., Давыдов К.В. Оценка и регулирование жесткости металлоконструкций канатных грейферов // Вопросы портовой гидротехники и механизации перегрузочных работ. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1990 – С.74-78. / ОИИМФ /.
3. Ясиновский А. М., Демченко А.В: Вариантная оценка стреловых устройств порталных кранов // Передовой производственный опыт и научно-технические достижения в тяжелом машиностроении. Сер.9. Вып. 11. – М.: Изд-во ЦНИИТЭ Итяжмаш, 1990. – С. 40-45.
4. Ясиновский А.М. Основы расчета на прочность грейферов для судовых кранов и стрел // Судостроение и судоремонт – М.:В/О «Мортехинформреклама», 1992. С.- 164-180.
5. ГОСТ 24599-87.Грейферы канатные для навалочных грузов. Общие технические условия.- М.: Издательство стандартов, 1987. – 32 с. – Введ.01.01.89 (рук. Разработки Ясиновский А. М. ).

---

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

---

УДК 656.612.022.1

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ВАРИАНТОВ РАБОТЫ МОРСКИХ ГРУЗОВЫХ СУДОВ

Е.Н.Воевудский, А.Г.Шибяев

Эксплуатационная деятельность судоходного предприятия определяется совокупностью количественных и качественных показателей работы флота. В связи с этим, для определения характера деятельности судов в предстоящий период времени, перед компанией возникает задача [1]: по имеющимся данным о грузах, портах, условиях эксплуатации флота использовать суда на перевозках таким образом, чтобы получить максимальный результат исходя из того показателя, который принят за основу.

Сложность проблемы заключается в том, что перевозку грузов можно осуществлять различными способами, зависящими от вида плавания, формы судоходства, грузоподъемности судов, региона деятельности компании, сроков поступления грузов. Поэтому для каждого судна в зависимости от конкретных условий может быть получено от одного до нескольких сотен вариантов работы. Поэтому необходим аналитический подход к решению этой задачи, позволяющий формировать соответствующие варианты с использованием современной вычислительной техники.

В классической своей постановке маршрутизация транспортных средств может быть представлена как задача коммивояжера. Она отвечает вопросам регулирования работы морских сухогрузных судов трампового судоходства и формулируется следующим образом.

Из базового порта  $a$  необходимо доставить груз в  $m$  портов назначения. Известны затраты, связанные с переходом судна из порта  $i$  к порту  $j$ , то есть  $C_{ij}$ .

Будем предполагать что судно:

а) после развозки всех грузов должно вернуться в базовый порт, то есть схема должна быть замкнутой;

б) должно зайти в каждый порт только один раз.

Требуется установить последовательность захода в порты, обеспечивающую минимальные суммарные затраты от перевозки грузов.

Математическая модель задачи имеет следующий вид:

$$\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j=0}^m x_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$(j=1,2,\dots,m; j \neq i)$$

$$\sum_{i=0}^m x_{ij} = 1 \quad (3)$$

$$(i=1,2,\dots,m; i \neq j)$$

$$U_i - U_j + m x_{ij} \leq m - 1 \quad (4)$$

$$(i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,m; i \neq j)$$

$$U_i = 0, 1, 2, \dots, P \quad (5)$$

$$U_j = 0, 1, 2, \dots, P$$

$$(i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,m;)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если судно из порта } a_j \text{ переходит в порт } a_i \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (6)$$

Функционал (1) реализует требование обеспечения минимальных расходов от доставки грузов в порты назначения. Условия (2) и (3) исключают циклы на схеме движения. Неравенства (4) не допускают деление замкнутой схемы движения судна из  $m+1$  участка на несколько отдельных схем из меньшего количества участков.

Задача (1) - (6), несмотря на простую формулировку, относится к числу трудно разрешимых. Именно поэтому ее применение ограничено вопросами регулирования работы отдельных судов.

Для составления графика работы флота также требуется решение задачи маршрутизации [1,2]. В связи с этим приведем ее краткую характеристику.

Каждое судно в период времени  $t$  располагает бюджетом времени. В процессе перевозок оно совершает путь, состоящий из последовательности дуг. Причем, конец предыдущей дуги совпадает с началом следующей.

Такой путь также может быть представлен в виде последовательности портов захода судна. Началом пути является порт его освобождения от обязательств предпланового периода.

В процессе перемещения судно перевозит определенное количество груза. Направленное перемещение судна с конкретной загрузкой между двумя корреспондирующими портами соответствует понятию участка работы судна.

Технологический процесс работы судна на участке  $j$  состоит из основных операций, таких как погрузка  $t_{nj}$ , выгрузка  $t_{sj}$ , переход  $t_{ij}$ , которые включают все соответствующие вспомогательные операции. Тогда процесс, связанный с доставкой грузов по схеме, описывается следующими соотношениями:

$$t_{nj} = t_{sj} = 0, \quad (7)$$

если судно совершает на участке  $j$  балластный переход;

$$t_{nj} \neq 0, t_{sj} = 0, \quad (8)$$

если судно частично или полностью загружается в исходном порту без выгрузки в конечном порту участка;

$$t_{nj} \neq 0, t_{sj} \neq 0, \quad (9)$$

если судно грузится и выгружается в портах участка;

$$t_{nj} = 0, t_{sj} \neq 0 \quad (10)$$

если судно не грузится в исходном порту, а выгружается в конечном.

Рассмотренная постановка задачи носит концептуальный характер и требует алгоритмической конкретизации. В связи с этим, сформулируем задачу построения маршрутов судов при оперативном управлении работой флота. В соответствии с установленной структурой грузопотоков компании требуется выполнить перевозку грузов между портами отправления и назначения. Каждая такая пара портов (отправления и назначения), между которыми заявлен определенный объем перевозок, служит основой для построения схем движения. Схема движения, в зависимости от грузоподъемности и грузоместности судов, а также объема перевозок, может включать одну пару портов, две, три и большее количество пар портов.

Схемы движения и соответствующая им загрузка судов определяют варианты их работы. Варианты работы судов объединяются в маршруты, которые служат основой оптимизации работы флота с использованием экономико-математических моделей и ЭВМ.

Для каждого конкретного судна в зависимости от продолжительности планового периода, объема перевозок и структуры грузопотоков может быть получено множество вариантов работы. Из них требуется выделить допустимые, исходя из различного рода эксплуатационных и коммерческих условий, а среди допустимых - оптимальный по принятому критерию.

Процесс формирования с помощью ЭВМ допустимых вариантов работы судна состоит из следующей последовательности отдельных операций:

- формальное построение схем движения судна (типа судна) на основе корреспонденции и структуры грузопотоков путем всевозможного сочетания портов отправления и назначения;
- определение совокупности допустимых вариантов схем с учетом требований к организации движения судна;

- расчет загрузки судна по схемам движения времени рейса, эксплуатационных и финансово-валютных показателей;
- определение совокупности вариантов работы судна, удовлетворяющих эксплуатационным и коммерческим условиям.

Формальное построение всевозможных вариантов схем движения производится сочетанием  $S_n^m$  пар портов для данного периода  $T$ . Индекс  $n$  в сочетаниях представляет количество пар портов в структуре грузопотоков,  $m$  - число пар портов, по которым выполняется сочетание. В каждом сочетании разделяются порты погрузки и выгрузки. Одинаковые наименования портов объединяются. Внутри каждого такого «сжатого» сочетания выполняются всевозможные перестановки портов погрузки и выгрузки. К полученным комбинациям присоединяется порт освобождения судна от обязательств, связанных с перевозкой грузов в предыдущем рейсе (рейсах), подготовленном на основе информации более высокого уровня достоверности.

Производится проверка возможности работы рассматриваемого судна по схемам движения и соответствие ротации портов в них требованиям организации движения судов на линиях и практике работы компании в целом. Варианты схем движения, не отвечающие этим требованиям, исключаются из дальнейшего рассмотрения.

Проверка возможности работы судна по схеме движения, исходя из его осадки, а также соответствия последовательности портов требованиям к организации движения флота на линиях и практике работы судоходной компании, выполняется на основе предварительно сформированных матриц. В каждой матрице, для логической проверки этих условий, в верхней строке записываются все порты региона деятельности судоходной компании. В левом столбце в первом случае - суда, во втором - порты. Последовательность записи портов аналогичная с верхней строкой матриц. На пересечении корреспондирующих портов, а также судов и портов указывается признак 0 или 1. Если на пересечении стоит 1, то заход судна в порт допустим либо данная последовательность портов возможна, 0 - в противном случае.

Из оставшихся вариантов схем в соответствии с заданным критерием целесообразной ротации портов выбирается оптимальная схема движения, например, по минимуму расстояний. Затем определяется загрузка судна и производится расчет эксплуатационных и финансово-валютных показателей. Полученные результаты проверяются по следующим эксплуатационным и коммерческим условиям:

- полное использование грузоподъемности или грузоместимости судна в рейсе либо использование в заранее установленных пределах;
- выполнение требований, связанных с заходом судна в факультативные порты. Например, получение оговоренной в соглашениях суммы фрахта как условия захода в данный порт.

Варианты работы судов, которые не отвечают перечисленным условиям,



также исключаются из рассмотрения. Из отобранных вариантов формируются маршруты судов. Под маршрутом  $M_j$  судна  $s$  будем понимать последовательность вариантов работы определяемых соотношением вида

$$\begin{aligned} M_j &= (l_{ij}(0), \dots, l_{ij}(k), \dots, l_{ij}(T_{c,i})) \\ l_{ij}(k) &= \{a_i(k), a_j(k+1)\} \in L \\ a_i(k), a_j(k+1) &\in A \end{aligned} \quad (11)$$

Теория графов позволяет представить совокупность маршрутов судна  $s$  в виде дерева  $K_s(A, L)$ . Оно состоит из непустого множества  $A$ , содержащего узлы  $a(k)$ , которые дифференцированы по шагам  $k$  ( $k=0, 1, \dots, T_c-1$ ), и множества  $L$ , характеризующегося совокупностью дуг вида:

$$l_{ij}(k+1) = \{a_i(k), a_j(k+1)\}, \quad (12)$$

где  $a_i(k), a_j(k+1) \in A$ .

Шаг  $k$  в дереве маршрутов  $K_s(A, L)$  - есть этап принятия решения о переходе от одного узла  $a_i(k)$  к инцидентному ему другому узлу  $a_j(k+1)$  по дуге  $l_{ij}(k+1)$ . Положение каждого конкретного узла в дереве определяется шагом  $k$  и порядковым номером  $j(k)$  в множестве узлов, принадлежащих данному шагу. Каждый узел представляет порт захода, в котором судно освобождается от обязательств предыдущего рейса. Вершина  $a_i(0)$  есть, соответственно, порт освобождения судна на начало плацового периода.

Дуги  $l_{ij}(k)$  характеризуются схемами движения. В связи с тем, что схемы движения судна строятся сочетанием пар портов  $S_n^n$ , то максимальное число дуг, выходящих из одного узла, не будет превышать величины, определяемой зависимостью

$$L_k = \frac{n!}{m!(n-m)!} \quad (13)$$

Эта величина характеризует множество вариантов принятия решений  $\{l_{ij}(k)\}$  на шаге  $k$ . Исходя из приведенной постановки, следующий маршрут  $M_{j+1}$  определяется соотношением:

$$\begin{aligned} M_{j+1} &= (l_{ij}(0), \dots, l_{ij}(k), \dots, l_{i,j+1}(T_{c,i})) \\ l_{i,j+1}(T_{c,i}) &\in \{l_{ij}(T_{c,i})\} \end{aligned} \quad (14)$$

После просмотра всего множества  $\{l_{ij}(T_{c,i})\}$  очередной маршрут будет определяться соотношением

$$M_{j+1} = (l_{ij}(0), \dots, l_{ij}(k), \dots, l_{ij}(T_{c-2}), l_{ij}(T_{c-1})). \quad (15)$$

Аналогично с описанной процедурой осуществляется построение и остальных маршрутов.

Таким образом, дерево  $K_c(A, L)$  описывается множеством  $\{M_c\}$ , которое формируется в соответствии с последовательностями (шкалами) вида

$$S_n^m(0), S_n^m(1), \dots, S_n^m(k), \dots, S_n^m(T_{c-1}). \quad (16)$$

Элемент  $S_n^m(k)$  определяет структуру схемы на шаге  $k$ , то есть число пар портов, из которых она состоит. Следовательно, порядок формирования дерева маршрутов может быть задан матрицей сочетаний  $\| S_n^m(k) \|$ .

Элементы матрицы задаются на этапе подготовки исходной оперативной информации. Это позволяет еще до формирования допустимых вариантов маршрутов исключить заведомо нерациональные, учесть положительный опыт эксплуатации судов и, в конечном итоге, снизить размерность задачи оптимизации планов и графиков работы флота судоходного предприятия.

Дерево маршрутов наряду с вариантами работы, связанной с перевозкой грузов по сформированным схемам движения, включает и дуги, которым соответствует аренда, ремонт и т.д.

В связи с этим в ходе построения дерева маршрутов выполняются следующие логические проверки:

окончание рейса (рейсов) по схеме движения до начала ремонта или аренды и обеспечение с учетом балластного перехода своевременной подачи судна в указанный порт;

выполнение договорных сроков доставки грузов;

окончание в плановом периоде последней погрузки судна в случае учета работы флота по отправлениям.

Таким образом, математическая модель задачи маршрутизации судов описывается следующей совокупностью соотношений:

$$l_n(l(k)) = \sum_{m \in M^*} t_{nm}(k) \quad (17)$$

$$l_n(l(k)) = \sum_{m \in M^*} t_{nm}(k) \quad (18)$$

$$l_n(l(k)) = \sum_{l \in l} t_{nl}(k) \quad (19)$$

$$q(l(k)) = \sum_{m \in M^*} \sum_{r=1}^A q_{mr}(k) \quad (20)$$

$$a_i(k), a_i(k+1) \in A_i \quad (21)$$

$$l_{ij}(k+1) = \{a_i(k), a_j(k+1)\} \quad (22)$$

$$M_j = (l_j(0), \dots, l_j(k), \dots, l_j(T_{i-1})) \quad (23)$$

$$S_n^a(0), S_n^a(1), \dots, S_n^a(k), \dots, S_n^a(T_{i-1}) \quad (24)$$

где  $A_i^{(+)}$  - совокупность портов схемы движения  $l_j(k)$ , где производится погрузка грузов;

$A_i^{(-)}$  - совокупность портов схемы движения  $l_j(k)$ , где производится выгрузка грузов;

$q_w(k)$  - количество груза  $r$ , которое грузится на судно в порту  $a$ .

Остальные обозначения те же, что и принятые выше.

В границах квартального и годового периодов времени при расстановке малотоннажных судов по направлениям дополнительными логическими условиями в ходе построения маршрутов являются:

схемы движения состоят из одной пары корреспондирующих районов;

маршруты замкнутые, то есть судно (тип судна) должно начинать и заканчивать работу в одном и том же районе;

совокупность маршрутов формируется в целом для всего управления (отдела) либо судоходного предприятия. Для крупнотоннажного флота, выполняющего рейсы в различных регионах мирового океана, задаются лишь отдельные направления с указанием рода груза, либо признака, что здесь должен выполняться балластный переход. Построение маршрутов судов с учетом их позиции производится в результате решения задачи расстановки флота [3]. При этом рассматриваются все теоретически возможные варианты маршрутов судов и устанавливается оптимальный.

К основным достоинствам данного подхода построения маршрутов относится то, что они имитируют работу судна в предстоящем периоде времени. Нет фиксированного закрепления за подпериодами грузопотоков и схем движения. Это позволяет учесть сроки поступления и вывоза грузов. Введение «шкалы» (16) и варьирование ее элементами дает возможность исключить нерациональные варианты схем движения и учесть положительный опыт их построения в пароходстве. Наряду с этим, систем логических проверок позволяет выделить из всего множества вариантов работы те, которые отвечают требованиям их практической реализации. Это значительно снижает размерность задачи оптимизации работы флота. Вместе с тем, предлагаемый подход к построению дерева маршрутов, в отличие от работы [2], исключает их дублирование для одного судна в оптимизационной матрице.

Таким образом, формирование с помощью ЭВМ совокупности допустимых маршрутов позволит выполнять анализ и выбор на основе математической модели оптимального варианта работы судна в течение всего планового периода. Это дает возможность исключить трудоемкий процесс подготовки инженером-диспетчером маршрутов, что является одним из недостатков автоматизированного ведения непрерывного графика работы флота пароходства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Левый В.Д. *Оперативное управление работой флота.* - М.: Транспорт, 1981. - 157 с.
2. Капитанов В.П., Казарян А.Н. Особенности алгоритма моделирования схем движения судов на линиях // *Экономика и эксплуатация морского транспорта*, 1976. - Вып.11. - С.35-39.
3. Шibaев А.Г. Обобщение и развитие моделей оптимальной расстановки флота морской судоходной компании // *Вестник Одесского государственного морского университета.* - Одесса: «Астропринт», 1998. - Вып.2 С.66-72.

## ГЕНЕРАЛЬНЫЕ КОНТРАКТЫ – ОСНОВА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ФЛОТА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМИ РЕЙСАМИ

А.И. Лапкин

Основой грузовой базы при работе флота последовательными рейсами являются массовые грузы. Договором морской перевозки таких грузов заданного направления на регулярной основе выступают долгосрочные соглашения - генеральные контракты, прямые договора.

Генеральный контракт (General Contract) или генеральный договор - это фрахтовый договор, в силу которого "фрахтователь" (отправитель) обязуется сдать, а перевозчик принять в течение обусловленного периода договоренное количество груза для перевозки между определенными портами". В таких случаях обычно не указывается наименование судов, а судовладелец имеет право совершить перевозки на любом принадлежащем ему или другому судовладельцу судне при условии, что эти суда по конструкции и техническому состоянию соответствуют требованиям данной перевозки. Обусловленное договором общее количество подлежащего перевозке груза либо устанавливается точно по месяцам, либо указывается, что это количество должно перевозиться равномерно в течение периода действия договора. Судовладелец обязуется заблаговременно (например, за 10 или 20 дней до подачи под погрузку) сообщать (номиналировать) фрахтователю название и грузоподъемность (грузовместимость) судов, направленных им для перевозки во исполнение договора. Фрахтовые ставки устанавливаются генеральным контрактом с учетом сезонности, т.е. с повышением их на периоды с менее благоприятными навигационными условиями. Ставки фрахта дифференцируются также в зависимости от портов назначения. Генеральным контрактом предусматривается также проформа чартера, которая должна применяться на каждый рейс. Может быть также обусловлено, что в каждом рейсе выписываются лишь коносаменты, в которых указывается, что условия перевозки регламентированы генеральным контрактом, во исполнение которого выполняется перевозка. Период действия контракта обуславливается определенными датами.

Разновидностью генерального контракта является так называемый фрахтовый контракт (Contract of Affreightment) [3].

Наиболее важной характеристикой фрахтового контракта, сравнивающей его с другими контрактами перевозки, является его большая связь с грузом и

меньшая - с судном. Более характерным наименованием контракта для данного вида перевозок может служить фрахтовый грузовой контракт (Cargo Contract of Affreightment), грузовой контракт (Cargo Contract), контракт на количество груза (Quantity Contract), контракт на объем груза (Volume Contract).

Фрахтовый контракт обычно используется для перевозок обусловленного вида и количества груза, содержащих 2 или более рейсов и заключенных на длительный период.

В контракте такого вида груз - не судно - занимает центральные позиции, что отличает его от других контрактов на перевозку. Такое отличие весьма существенно. Если в соответствии с традиционным чартером неподача судна в оговоренный срок является, как правило, основанием для расторжения договора, то в случае фрахтового контракта, опоздание либо неподача судна не является основанием для прекращения его действия. Фрахтовый контракт как бы подчеркивает, что главным обязательством судовладельца является перевозка груза, и судовладелец не освобождается от своих обязательств при задержках либо неподаче судна. При этом судовладелец обычно свободен в выборе тоннажа, т.е. вправе заменять любое судно его субститутом.

Количество рейсов является еще одной важной характеристикой фрахтового контракта. Главным правилом фрахтового контракта является осуществление не менее двух перевозок. Однако, с другой стороны, контракт может включать несколько перевозок, но при этом не является фрахтовым контрактом. Эта ситуация возникает, например, когда рейсовый чартер составляется при фрахтовании на ряд рейсов, следующих один за другим, исходя из географической ротации. Такой договор отличается от фрахтового контракта и определяет трамповую форму судоходства.

В отличие от тайм-чартера, бербоут-чартера и рейсового чартера во фрахтовом контракте отсутствует стандартное количество пунктов договора. В каждом определенном случае фрахтовый контракт может содержать как абсолютно индивидуально разработанные пункты, так и являться так называемым "гибрид-контрактом" (Hybrid Contract), пунктами которого выступают части традиционного рейсового чартера или тайм-чартера. Поэтому, неправильно считать, что фрахтовый контракт является специальной формой рейсового чартера.

Основными аспектами фрахтового контракта, которым уделяют особое внимание при заключении сделки, являются: контрактный период; груз; судно; процедура номинирования судов.

Как правило, какие-либо ограничения по продолжительности периода во фрахтовом контракте отсутствуют. Его максимальная и минимальная продолжительность регулируется в определенной степени практическими соображениями.

Так, в связи с изменением состояния рынка, цен, политической обстановки в мире, и всеми другими факторами, оказывающими влияние на продол-

жительность контрактного периода, для обеих сторон возникают трудности в окончательном установлении определенной продолжительности периода, особенно для периодов, отличающихся длительностью (таких, например, как на 5 лет и более). Стороны, заключающие контракт, связаны со значением ставки фрахта и видом валюты, в которой производятся расчеты. Эти факторы, как известно, не подлежат изменению в контракте и ими трудно управлять. Поэтому, в большинстве случаев, стороны выбирают вариант, обеспечивающий возможность продления заключенного договора при благоприятных условиях либо прекращения его действия в противном случае.

Контрактный период может быть установлен различным образом, например:

- устанавливается фиксированный период с оговоренным моментом окончания без предварительного нотиса любой из сторон;
- фиксированный период автоматически продлевается на установленный интервал, если ни одной из сторон не будет дан нотис об окончании периода;
- период фиксируется с оговоренным правом одной стороны (или обеих) на продление;
- продолжительность контрактного периода не фиксируется, но его действие заканчивается в течение установленного срока после подачи одной из сторон нотиса об окончании.

Существуют и другие решения, комбинации и вариации перечисленных приемов. Однако, в любом случае, при использовании нотисов об окончании, продолжительность периода с момента подачи нотиса до момента окончания контрактного периода должна быть оговорена. Продолжительность этого, так называемого нотис-периода, может быть как незначительной, так и весьма длительной (вплоть до нескольких лет).

Контрактный период иногда разбивается на несколько частей, каждая из которых может содержать индивидуальные условия. Недостаточной является констатация контрактного периода в следующем виде: "с 01.01.1998 по 31.12.1999". Каждый рейс обладает определенной продолжительностью, поэтому необходимым является указание о принадлежности рейса к данному контрактному периоду. Так например, может быть включена оговорка о том, что "первое судно будет готово к погрузке в период с 1 по 15 января 1998 г. и последнее судно по контракту будет готово к выгрузке не позднее, чем 1 декабря 1999 г."

Когда период разбит на несколько частей (подпериодов), в контракте необходимо указать, к какой из частей относится определенный рейс. В противном случае у сторон могут возникнуть трудности в установлении:

- фрахтовой ставки для рейса (т.е. использовать ли фрахтовую ставку, установленную в первой или второй части периода),
- количества груза (т.е. перевезенное количество груза следует отнести к первой или ко второй части периода).

Во фрахтовом контракте, также как и в других договорах на перевозку, часто возникают вопросы, связанные с видом и количеством груза. Груз обычно определен в контракте. Иногда контракт составляется на основной вид груза, а другие же виды грузов указываются либо как возможная альтернатива, либо как груз для доукомплектации.

В контракте устанавливается договорное количество тонн или других единиц измерения груза. При этом важным моментом является установление соответствующих обязательств сторон друг перед другом в отношении этого количества. Поэтому в процессе переговоров по контракту оговоренное количество должно быть проанализировано сторонами во всех возможных аспектах.

В любом фрахтовом контракте можно выделить ряд принципиальных моментов. Первый из них касается возможного описания количества груза.

Иногда количество перевезенного по контракту груза фиксируется точно в виде "X метрических тонн", "Y единиц измерения". Количество может быть установлено как максимальное и минимальное, например, "минимум X или максимум Y метрических тонн", "между X или Y единиц измерения". В первом и во втором случае для выражения большой гибкости часто используются такие выражения, как "X% больше или меньше", "или X% больше или меньше по выбору судовладельца (фрахтователя)". Иногда количество описывается в виде ссылки на продукцию фрагователя в течение определенного периода, например, "весь экспорт фрагователя на условиях CIF" в течение определенного периода или, в противном случае, в соответствии с потребностями фрагователей. Такие требования могут быть более или менее известны заранее в зависимости от вида товара, условий запродажных контрактов. Контрактные требования могут сочетаться с конкретными цифрами (максимальными, минимальными), так например, "продукция фрагователя в течение 1998 г. до X метрических тонн", "вся продукция фрагователя, не менее чем Y метрических тонн".

В случае, когда количество груза точно не определено и не установлено ("вся продукция фрагователя в течение контрактного периода") в период заключения сделки невозможно осуществить какие-либо расчеты, что препятствует принятию взаимовыгодных условий. В процессе ведения переговоров вопросом первоочередной важности является вопрос о количестве груза (максимальное, минимальное, ожидаемое), перевозимого по фрахтовому контракту. Полученный на него ответ оценивается уже вместе с другими положениями контракта.

Важным положением фрахтового контракта является определение ответственности фрагователя за предоставление груза.

Иногда фрагователи имеют только право перевезти груз определенными судами судовладельца. В других случаях, обязанностью фрагователя является предоставление груза к перевозке по контракту, и часто, в этой связи, фрагователь обязан предоставить определенное установленное количе-



ство груза. При этом фрахтователь имеет право также на предоставление дополнительного количества груза. Иногда используется выражение "первый отказ", как например, "фрахтователь объявляет судовладельцу о первом отказе от всех перевозок металла из портов Черного моря в течение 1998 г." Такое выражение не имеет большого значения, если оно не связано с главными условиями контракта: фрахт, функции, распределение издержек и т.д.

При определении обязанностей судовладельца важно определить, входит ли в обязанности судовладельца перевозка всего предложенного фрахтователем груза, либо он имеет право принять к перевозке то количество груза, которое сочтет возможным.

Условия фрахтового контракта при описании судна основаны на процессе транспортировки груза, а не на перевозке груза определенным судном. Судно или суда очень часто в контракте не оговариваются. Судовладелец выбирает по своему усмотрению суда, наиболее подходящие для данного груза, данных портов и районов плавания. Иногда суда могут быть определены в контракте непосредственно. Например, существуют оговорки о том, что "судовладелец назначает только суда, пригодные для транспортировки X груза", "судовладелец использует для перевозки суда только типа X", "судовладелец использует для перевозки суда под Y флагом".

Фрахтовый контракт заключается на несколько перевозок и иногда, с самого начала, когда имеет место несколько различных погрузок, оговаривается, какое количество груза будет погружено на каждое судно. Обычно стороны указывают время на перевозки и количество груза для каждой перевозки.

В долгосрочных контрактах трудно заранее точно определить, когда и сколько груза будет погружено при каждой отправке. Для этого стороны договариваются о структуре и процедуре более детализированного планирования. В контракте это указывается следующим выражением: "Отправки по контракту будут равномерно распределены в течение контрактного периода" или "20 перевозок по этому контракту будут распределены так: 5 судов будут предоставлены к погрузке в порту погрузки в период с января по март, 10 судов - в период с апреля по июнь, и оставшиеся 5 судов - в период с июля по декабрь. Все отправки будут равномерно распределены в течение соответствующих периодов".

Стороны также должны договориться о процедуре фиксирования более подробного расписания. Это может, например, быть отмечено оговоркой, в которой говорится о том, что судовладелец (или фрахтователь) в определенное время должен представить расписание, включающее даты погрузки и название используемых судов. Иногда расписание окончательно фиксируется таким способом, а иногда оно подлежит более детализированному представлению.

В случае, когда расписание установлено, часто оговаривается и система подачи нотисов. Пункт, описывающий правила подачи нотисов может быть представлен следующим образом: "Судовладелец либо судно должны пода-

вать ЕТА - нотисы за 30, 15, 5 и 2 суток до расчетного времени готовности к погрузке в первом порту. Судовладелец информирует фрахтователей о любых изменениях, касающихся ожидаемой готовности судов к погрузке”.

Такие нотисы часто имеют различное значение. Употребление терминов “предварительные нотисы”, “окончательные нотисы” должно подразумевать действительное назначение каждого нотиса. Поэтому, во избежание недоразумений, следует установить, в какой мере судовладелец имеет право осуществлять изменения в отношении ЕТА - нотиса, какие у него возникают обязанности по выданному нотису.

Анализ условий организации работы флота последовательными рейсами в Украине [1] позволяет сделать вывод о наличии устойчивой грузовой базы для подобных перевозок, поскольку для Украинских портов в целом была и остается приоритетной переработка массовых грузов. Основу грузопотоков массовых грузов в Украине составляют металлы и такие навалочные грузы, как химические, минеральные удобрения, руда, уголь, стройматериалы, зерно.

Украинские судовладельцы обладают и необходимым составом флота многоцелевого назначения, наиболее пригодного для осуществления подобных перевозок. Однако, устойчивой остается тенденция освоения грузопотоков украинских экспортно-импортных грузов судами иностранных судовладельцев. Так, в первом полугодии 1998 г. в портах Украины было обработано 8,6 тыс. судов, в т.ч. иностранных - 4,8 тыс., т.е. 55,8% от общего числа [2. С.175]. В некоторых портах число судов под иностранным флагом превышает 50% от общего количества заходящих судов. Суды иностранных компаний активно работают на перевозках украинских экспортно-импортных грузов, в то время как национальный тоннаж постепенно вытесняется казалось бы с собственной грузовой базы.

Причинами подобной ситуации является и значительный возраст национального тоннажа, отсутствие государственной поддержки строительства и обновления национального флота, а также целенаправленных программ по созданию благоприятных условий для национальных судовладельцев при перевозках экспортно-импортных грузов. Обеспечение занятости и востребованности флота национальных судовладельцев возможно на основе практического использования разработок по методическому обеспечению организации работы флота последовательными рейсами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ланкин А.И., Ланкина И.А. *Работа флота последовательными рейсами*. - Одесса: ОГМУ, 1995. - 161 с.
2. *Транспорт Украины. Справочник*. - Одесса: Судоходство, 1998. - 208 с.
3. *Shipbroking and Chartering Practice.* / L. Garton, R. Hinc. A. Sandevan. - Lloyd's of London Press. Ltd, 1995. - 337.

## ОБОСНОВАНИЕ РИТМИЧНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

**В.П. Капитанов**

Развитие научно-технического прогресса на водном - морском и речном транспорте, специализация технических средств для транспортировки и перегрузки грузов, рост объемов и расширение структуры перевозок обуславливают необходимость дальнейшего совершенствования организации перевозочного процесса в смешанных водных сообщениях. В последние годы в развитии Украины отмечаются большие потери фрахта, которые произошли из-за оттока около 52 млн. тонн транзитных грузов на сопредельные страны.

В статье рассматривается один из вопросов повышения эффективности организации работы морского и речного флота и судов смешанного плавания в международных смешанных водных сообщениях. Это вопрос о методическом подходе к расчётам резервов провозной способности флота и пропускной способности портов при перевалке транзитных грузов по прямому варианту "борт-борт" и некоторой части грузопотока через береговые склады.

Важным обстоятельством, обуславливающим эффективность перевозок грузов и качество работы водного транспорта, является ритмичность перевозочного процесса, которая обеспечивается при наличии:

резервов провозной способности флота и пропускной способности портов и переходящих запасов грузов;

рациональной системы управления работой морского и речного флота, портов и устьевых транспортных узлов.

Необходимость в резервах обуславливается неопределенностью взаимодействия различных факторов и вызывается несопряженностью во времени и пространстве спроса и предложения на транспортные услуги, провозной способности флота на морском и речном участках и пропускной способности портов, в том числе и устьевых транспортных узлов (УТУ), как перевалочных пунктов для транзитных грузов.

Отсутствие резерва мощностей по флоту и портам в смешанных сообщениях вызывает отрицательные последствия. Работа судоходных предприятий на пределе мощности не оптимальна с точки зрения устойчивости транспортной системы. Минимум себестоимости и максимум прибыли при ритмичной работе флота достигаются, как правило, при определенном резерве провозной способности флота и пропускной способности портов, то

есть существует оптимальный уровень использования производственных мощностей на транспорте.

Резерв мощности снижает уровень производства по сравнению с максимальным, но производственные мощности не являются фиксированной наперед величиной. Наличие резервов пропускной способности портов позволяет осваивать дополнительный объём перевозок по определенным направлениям за счёт привлечения дополнительного тоннажа. Резервы провозной способности флота необходимы не на всех судоходных линиях и направлениях перевозок, также как нет необходимости иметь резервы пропускной способности портов для всех перерабатываемых видов грузов.

Общий резерв производственной мощности транспортной сети  $\Omega$  складывается из резерва провозной способности флота  $\Pi \phi$  и резервов пропускной способности портов  $\Pi m(p)$  по обработке дополнительного тоннажа и перевалке дополнительных грузов  $Q d$  по прямому варианту у причалов или на рейде устьевых транспортных узла  $\Pi y$  из речных на морские суда и наоборот:

$$\Omega = \Pi \phi + r^*(\Pi m(p) + \Pi y), \quad (1)$$

$$\Pi y = Q d * T_{пл}, \quad (2)$$

где  $\Pi y$  - резерв пропускной способности устьевых транспортных узла;

$T_{пл}$  - шлюзовый период;

$r$  - коэффициент соответствия.

Сочетание типов судов на морском и речном участках по их технико-эксплуатационным характеристикам даёт основание для минимизации резервов провозной способности в смешанных водных сообщениях.

Морские суда имеют различную грузоподъемность и для их погрузки и разгрузки требуется концентрация в УТУ нескольких самоходных и/или несамоходных судов смешанного плавания (ССП) или барж одновременно. Для обработки морских судов в УТУ по прямому варианту необходимо согласовать сроки подачи ССП и барж, прибывающих первыми, а также частоту подачи последующих толкаемых составов. Грузоподъемность ССП, барж и морских судов не кратна, так как технико-эксплуатационные характеристики флота для смешанных водных сообщений ещё не унифицированы. Из-за некрatности грузоподъемности морских и речных судов и неравномерности их подачи в устьевые порты часть грузов в портах накапливается как переходящий запас. Поэтому, как правило, возникают простои речных или морских судов.

Различные технико-эксплуатационные характеристики морских и речных судов, необходимость отбуксировки и подбуксировки от места обработки очередных барж или лихтеров снижают производительность грузовых ра-

бот, особенно по массовым грузам при их обработке по прямому варианту. Производительность перегрузочных средств обуславливается сочетанием типов речных и морских судов с точки зрения их «взаимной» приспособленности к грузовым работам.

Учитывая определенное различие технико-эксплуатационных характеристик морских и речных судов для организации совмещенной технологии работы речных и морских судов, необходимо устанавливать рациональные режимы перегрузки различных генеральных и навалочных грузов в устьевых портах. В связи с этим целесообразно установить количество и продолжительность концентрации грузов и технологию их пересадки в УТУ с морских на речные суда. Резервы провозной способности флота предназначаются для обеспечения гибкости производственных процессов в условиях неритмичности перевозочного процесса, который отличается сравнительно высоким быстродействием и требует обработки судов в устьевых портах в соответствии с техническими нормами грузовых работ без потерь времени в ожидании грузовых операций. Это требование не только обуславливает стабилизацию рейсообразности судна, но и соблюдение интервала отправления грузов, что, в конечном итоге, приводит к сокращению сроков доставки грузов.

Резерв провозной способности флота, выраженный в тоннах, эквивалентен пропускной способности портов, если обеспечивается достаточно высокая надёжность обработки всех прибывающих судов без простоев в ожидании причалов.

$$\Pi \phi = \tau * (\Pi_{\text{M}}(p) + \Pi_{\text{Y}}) . \quad (3)$$

Одновременно с созданием маневренных резервов перевозочных средств в смешанных водных сообщениях необходимо создавать резервы складских резервов грузов в устьевых портах. Переходящие резервы грузов с одного периода времени на другой и на начало навигации на речном участке пути характерны для смешанных водных сообщений. Установление количества переходящих резервов грузов и резервов провозной и пропускной способности пересекаются в том, что решение одной либо другой задачи достигается на основании сопоставления сравнительной выгоды. Наличие резервов грузов определяет гибкость в более полном использовании провозной способности флота за счёт комплектации загрузки судна на меньшее число портов захода в рейсе, более полного использования грузоподъёмности и грузоместимости трюмов, букирования грузов с более высокими тарифными ставками. В этом случае гарантируются более короткие сроки доставки грузов и тем самым проявляются перспективы повышения доли рынка.

Хранение запасов грузов и создание резервов провозной способности портов представляют вычет из общественного продукта. Таким образом обуславливается задача определения оптимального варианта эффективной системы резервов перевозочного процесса в смешанных сообщениях.

Оптимальные значения номинального, минимального и максимального уровня резервов, их структуры, режима использования и пополнения для грузов, территориальная дислокация для портов, складов и УТУ, использования тоннажа на перевозках грузов иностранных фрахтователей (ГИФ), требуют специального обоснования.

Полные затраты на создание и поддержание резервов складываются из следующих составляющих:

$K_f$  - капитальные затраты по флоту;

$K_n$  - капитальные затраты на портовые перегрузочные комплексы;

$K_c$  - капитальные затраты на складские площади;

$R_{f,n,c}$  - текущие расходы, включающие отчисления на амортизацию, ремонт, содержание обслуживающего персонала, соответственно: по флоту, портовым перегрузочным комплексам и складским площадям;

$R_{zp}$  - расходы по грузу в резерве.

Условие, при котором затраты на создание резервов минимальные, описывается выражением

$$\delta F_{zp} = F_f - (E1*(K_f + K_n + K_c) + R_f + R_n + R_c + E2*Ц) > \max, \quad (4)$$

где:  $F_f$  - поток фрахта от перевозок грузов в смешанных водных сообщениях;

$E1, E2$  - коэффициенты приведения;

$Ц$  - стоимость товарной массы.

Установление резерва пропускной способности УТУ обуславливает экономически обоснованный избыток причалов и оборудования, а также наличие складов для концентрации грузопотоков отдельных направлений с маломощными струями. Для ограниченных по объёму грузопотоков с незначительной партионностью отправок в большей мере удобны речные суда, так как:

в толкаемом составе от 6 до 14 самостоятельных перевозочных средств - барж, которые могут обеспечить соответствующее число видов грузов;

сравнительно небольшая грузоподъёмность барж, по сравнению с морскими судами, не требует большой концентрации грузов как в УТУ, так и в речных портах отправления и, следовательно, необходимы значительно меньшие ёмкости складов для накопления грузов;

возможность расформировать речной толкаемый состав даёт основание использовать более широкий фронт обработки ССП и барж при разных видах грузов и одновременной работе по складскому и прямому вариантам.

Для получения зависимостей, характеризующих минимальные запасы и сроки доставки грузов, введены дополнительные обозначения:

$R_p$  - порт отправления (назначения) на реке;

$R_m$  - порт отправления (назначения) на море;

$M(p)_{nj}$  - множество морских (речных) портов, принадлежащих направлению перевозок  $j$  определенного вида грузов;

$q_j$  - суточная интенсивность грузопотока на направлении  $j$ ;

$t_{pc}$  - время рейса по доставке груза на морском (речном) участке;

$k_{qI}$  - удельный вес грузопотока вида  $q$  на порт судоходной линии  $I$ .

Длительность предварительного накопления грузов  $t_{нк}$  и расходы по их хранению на складах  $R_{xp}$  равны:

$$t_{нк} = \frac{D_{nm(p)}}{q_I}; \quad (5)$$

$$R_{xp} = \frac{f_{xp} \cdot D_{nm(p)}}{q_I}, \quad (6)$$

где  $f_{xp}$  - тарифная ставка за хранение 1 т груза на складе.

Суточная интенсивность грузопотока на морском и речном участках на согласованных судоходных линиях должна быть равной

$$q_m = q_p = q_j. \quad (7)$$

Грузопоток, следующий на отдельных судоходных линиях вниз или вверх по реке, характеризуется суммарной интенсивностью отдельных грузопотоков

$$q_I = \sum_k q_k \quad (8)$$

где  $k$  - признак рода груза.

Каждая судоходная линия обслуживает несколько портов захода. В отдельных портах реки на ССП, баржу загружаются генеральные грузы назначением на несколько морских портов, объединяемых в различные морские судоходные линии. В УТУ каждый грузопоток концентрируется в таком количестве, которое обеспечивает загрузку морского судна в соответствии с интервалом отхода по расписанию и необходимыми сроками накопления грузов.

Когда грузопоток стабильный и концентрируется в УТУ с постоянной интенсивностью, движение судов на линии на морском и речном участках трассы организуется по срочному расписанию. При этом

$$t_{и м(p)} = t_{нк}, \quad (9)$$

где  $t_{и м(p)}$  - интервал отправления морских (речных) судов на линии;  $t_{нк}$  - период накопления грузов.

В каждую стационарную, многократно повторяющуюся схему движения на судоходной линии необходимо включить такое количество портов захода судна в рейсе, чтобы обеспечивались максимальная эффективность работы группы судов и сроки доставки грузов.

Минимальная партия грузов на отдельные порты стационарных схем движения устанавливается исходя из выражения:

$$\bar{F}_{\min} = \bar{FF}_{\min} + (R_{cs} + \frac{K(\varepsilon)}{k_v}), \quad (10)$$

$$Q_{\min} = \frac{\bar{F}_{\min}}{\bar{f}} \quad (11)$$

Минимальная суточная интенсивность грузопотока на порт по фрахтовой ставке равна

$$q_{\min}(f) = \frac{Q_{\min}(f)}{t_v} \quad (12)$$

где  $\bar{FF}_{\min}$  - минимальная величина превышения доходов над расходами за судозаход в порт;

$R_{cs}$  - расходы в инвалюте за судозаход в порт;

$K(\varepsilon)$  - эксплуатационные расходы судна, связанные с доставкой груза в порт;

$\bar{f}$  - средневзвешенная тарифная ставка по грузопотоку на порт захода.

Для определения числа портов захода в схеме движения рассчитывается максимальная интенсивность грузопотока на каждый порт, исходя из регламентированного для линии или данного порта срока доставки груза. При ограниченных скоростях движения судов на речном и морском участках и нормах переработки грузов в портах сроки доставки грузов лимитируют время накопления грузов в УТУ. Максимальные затраты времени на накопление грузов в УТУ равны

$$t_{max\,нк} = t_{дн} + (t_{pc\,м} + t_{pc\,р}), \quad (13)$$

где  $t_{дн}$  - нормативный срок доставки груза в смешанных водных сообщениях.

Максимальная суточная интенсивность грузопотока, исходя из сроков доставки груза, равна



$$q_{\min}(t) = \frac{D_{\text{см}}}{t_{\text{нв. макс}}} \quad (14)$$

Путем сопоставления суточной интенсивности грузопотока по фрахту  $q_{\min}(f)$  и срокам доставки  $q_{\min}(t)$  устанавливается количество основных портов в схеме движения таким образом, чтобы соблюдалось следующее условие:

$$q_{\min}(t) \geq q_{\text{нв}}(t) \geq q_{\min}(f). \quad (15)$$

Если условие (15) невозможно выполнить, необходимо разрабатывать основания для увеличения тарифов, скорости хода судов и норм перевалки грузов в портах или уменьшения грузоподъемности и нормативных сроков доставки грузов на основании итерационных расчётов по показателям, приведённым выше.

В случае, когда стабильность грузопотоков на отдельные основные порты захода на линии нарушается, суда заходят в факультативные порты линии при наличии достаточной по фрахту партии груза для покрытия дополнительных расходов за судозаход.

Согласованные действия судовладельцев, стивидорных компаний, портовых администраций, смежных видов транспорта и грузоотправителей несомненно будут эффективными в конкурентной борьбе за транзитные грузопотоки, которые могут быть освоены не только водным - морским и речным - транспортом Украины.

## АГЕНТИРОВАНИЕ ФЛОТА В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ

В.К.Козырев, И.И.Ландер

Процесс развития рыночных отношений на морском транспорте вызывает повышенный интерес морской общественности, причем дискуссии возникают в основном вокруг таких вопросов, как агентирование судов, транспортно-экспедиторская деятельность, фрахтование, страхование судов и грузов и т.д. Не претендуя на детальные исследования всего круга проблем, в настоящей статье делается попытка провести сравнительную оценку правового положения агентских организаций в мире и на Украине, состояния монополизма в этой области.

В сфере агентирования флота правовая база развития смешанной экономики (государственная и частная) начала развиваться еще в 1990 году, в бытность Советского Союза, однако до 1991 года процесс шел довольно вяло. Положение изменилось с обретением Украиной независимости. В 1991 - 1995 годах Президентом, Кабинетом Министров и Верховной Радой был принят ряд законов и нормативных актов, заложивших правовую базу создания и реформирования частного сектора экономики. Это законы Украины "О предпринимательстве", "О хозяйственных обществах", "О собственности", "Об инвестиционной деятельности", "О внешнеэкономической деятельности", Кодекс торгового мореплавания Украины, которые создали предпосылки для развития частного предпринимательства, в том числе и на морском транспорте, в сфере агентской деятельности по обслуживанию флота.

В 1996 году перевозками грузов, агентированием и фрахтованием судов занимались 108 субъектов предпринимательской деятельности на основании 127 лицензий, выданных Департаментом морского и речного транспорта (25 субъектов получили по 2 лицензии на разные виды деятельности), при этом 33 лицензии были выданы на осуществление агентской деятельности. Государственные предприятия получили 21 лицензию, в т.ч. 5 лицензий на агентирование судов [1].

Прежде всего, в области морского агентирования какого-либо всеобъемлющего международного регулирования не существует. Агентирование в разных странах регулируется по-разному.

В статье 116 Кодекса торгового мореплавания Украины подчеркиваются два момента: агентирование морского флота осуществляют любые субъекты предпринимательской деятельности, причем единственным ограничением

является только наличие лицензии; ставка платы за услуги всех без исключения агентских организаций устанавливается Минтрансом Украины по согласованию с Министерством экономики. Постановлением КМУ от 1998 г. установило плату с граждан и юридических лиц (субъектов предпринимательской деятельности) в размере 4 тысяч ЭКЮ, срок действия лицензии - 3 года. Условия и правила осуществления агентирования и фрагтования морского торгового флота и контроль за их исполнением установлены приказом Минтранса Украины № 247 от 16.05.94 г.

По смыслу статей 116. - 119 КТМУ, договор агентирования в широком смысле относится к представительству и может подпадать под понятие договора поручения или договора комиссии. Под представительством понимается правоотношение, в силу которого одно лицо (представитель или в данном случае морской агент) приобретает, либо осуществляет от имени другого лица (представляемого, в данном случае судовладельца, или принципала) и в его интересах гражданские права и обязанности, заключает сделки и совершает иные действия с третьими лицами, в пределах выделенных полномочий. Представительство может быть основано и на законе (представитель - должностное лицо, уполномоченное действовать от имени представляемого в силу той или иной нормы закона), либо на основе договора (когда представитель и представляемый регулируют свои внутренние взаимоотношения добровольно заключенным соглашением).

По договору поручения одна сторона (поверенный, агент) обязуется совершить от имени и за счет другой стороны (доверителя, принципала) определенные юридические действия (в результате чего возникают основания для представительства); по договору комиссии также совершаются юридические действия, но поверенный (комиссионер) действует от имени доверителя (комитента), и его действия порождают права и обязанности непосредственно между доверителем и третьими лицами. В правовом отношении комиссионер действует не как представитель комитента, а только на основе доверенности. При агентировании судов могут встречаться и другие виды договоров (подряда, трудового и т.п.).

В развитых странах, наряду с общими нормами гражданского и торгового права, существует специальное законодательное регулирование правоотношений по морскому агентированию. По французскому законодательству предусмотрены две категории посредников: морской присяжный брокер (*courtier maritime*) и судовой агент (*agent maritime*), причем первый в основном занят таможенным оформлением грузов и судов, второй - оказанием обычного комплекса услуг судо- и грузовладельцу.

В Японии правоотношения в области морского агентирования регулируются нормами Торгового кодекса, в Италии - Итальянским навигационным кодексом. Наиболее глубоко правоотношения в области агентирования разработаны в английском законодательстве, по которому агентский договор

представляет собой самостоятельный вид договора, близкий по сути договорам комиссии и поручения. В портах Нидерландов действуют общие условия деятельности судовых агентов, разработанные Северной судоходной ассоциацией Нидерландов; в США - Кодекс поведения судовых брокеров и агентов, принятый Нью-Йоркской ассоциацией судовых брокеров и агентов.

Из международных организаций наибольшее влияние на развитие агентирования оказывает БИМКО, разработавшая рекомендации для посредников, занимающихся фрахтованием и агентированием. Международные правила, направленные на защиту интересов судовых агентов, наиболее полно отражены в документах Международной федерации национальных ассоциаций судовых брокеров и агентов (ФОНАСБА).

Отсутствие монополии в области морского агентирования в определенной степени связано со степенью "открытости" общества в стране. Это положение можно достаточно наглядно проиллюстрировать примерами. Только в портах Нью-Йоркской зоны (Нью-Йорк и Нью-Джерси), по данным министерства торговли США, действует 1687 агентских и брокерских фирм. В то же время, государственная монополия на агентирование в иностранном судоходстве в чистом виде сохранилась лишь в Северной Корее, где действует только государственное агентство "Kosa" ("Korean Ocean Shipping Agencies"). В развивающихся странах этот вопрос решается по-разному. В Ираке, Сирии, Ливии, Алжире агентирование осуществляется государственными и негосударственными исламскими фирмами. В Китае частные агентские фирмы разрешены в ограниченном числе портов (Шанхай, Далянь, Сянган), но они могут агентировать только собственные суда "American President Line", "Golden Shinc", "Ming Sung Shipping", "Sinopol", (СП китайской компании "Sinotrans" с участием польского капитала), "Sea-Land", "Macrsk Line" и др.

Во Вьетнаме имеется частная агентская фирма "General Forwarding and Agency" (ранее государственное предприятие) и 12 государственных компаний. Кабинет министров Кампучии еще в 1992 году разрешил открыть негосударственные агентские компании. В Бирме действует несколько негосударственных агентских фирм (наиболее известна "Hellenic Overseas Maritime"). В Египте имеется несколько государственных фирм, но частным компаниям разрешено осуществлять агентирование судов при следовании транзитом через Суэцкий канал. Приватизацию планируется осуществить в три этапа совместно с банками, нефтяными компаниями и закончить к 2000 году. В настоящее время только в Александрии действует свыше 30 негосударственных агентских фирм. В бывшем Советском Союзе, согласно ст. 63 КТМ СССР, агентское обслуживание осуществлялось исключительно государственными агентскими организациями, являвшимися юридическими лицами (службы "Трансфлот" и моргентства "Импфлот").

В Украине до недавнего времени в сфере морского агентирования действовали государственные морские агентства системы Министерства транс-

порта и 47 агентств негосударственного сектора экономики, которые могли быть классифицированы по формам собственности: а) смешанные (государственные и коллективные); б) государственные (с участием иностранных инвестиций); в) национальные частные (с иностранными инвесторами); г) национальные частные; д) чисто иностранные. В зависимости от участия иностранного капитала 10 из них действовали в виде совместных предприятий или как чисто иностранные, остальные 38 агентств в различной форме представляли национальный капитал. Общая выручка за год (емкость рынка) от агентских услуг в портах Украины в 1996 году составила около 10 миллионов долларов США, из которых на долю членов Ассоциации морских агентств Украины (АМАУ), объединявшей тогда 17 компаний различной формы собственности, приходилось 40% рынка (4 млн.). 15% (1,5 млн. долларов) покрывались 31 негосударственной компанией, не входившей в АМАУ. Уровень монополизации был достаточно высок - "Инфлот" контролировал около 45% рынка, хотя это соотношение разительно изменилось на протяжении последующих трех лет. Ассоциация морских агентств Украины расширилась за счет приема новых членов, а "Инфлот" заметно утратил свои позиции.

На основании вышеизложенного можно сделать определенные выводы:

1. Правоотношения в сфере агентской деятельности возникают при заключении договора морского агентирования, который является двусторонним (агент и принципал), возмездным, письменным по форме.

2. Борьба с монополизмом в области морского агентирования связана с развитием либерализации экономических отношений в той или иной стране, причем степень либерализации характеризуется развитием частного предпринимательства в агентском бизнесе.

3. Для Украины в настоящее время характерен процесс перехода от государственного монополизма к частному предпринимательству, при этом в отсутствие протекционистских мер конкурентоспособность агентских компаний определяется объемом и качеством предоставляемых услуг, степенью привлекательности для судовладельцев и фрахтователей, а не классификацией компаний по форме собственности.

Эффективность агентирования флота предприятиями разной формы собственности можно оценивать различными показателями, но наиболее наглядно сравнение по двум: качество обслуживания флота, которое можно охарактеризовать количеством обслуженных за определенное время судов, и суммой платежей, уплачиваемых в госбюджет предприятиями разной формы собственности.

Сравнение по первому показателю довольно затруднено, так как понятие "качество" включает в себя множество составляющих, зачастую трудно поддающихся количественному учету в условиях отсутствия официальной статистической отчетности о характере и объемах агентской деятельности. Как

отмечает Н. Лозовский [1], действующая статистическая и бухгалтерская отчетность, преувеличение роли так называемой "коммерческой тайны", не предусматривает выделение различных видов деятельности, в том числе и относящихся к чисто агентской. К тому же многие предприятия, помимо выполнения чисто агентских функций, вторгаются в смежные отрасли морского бизнеса (транспортная экспедиция, фрахтование судов, бункеровка и буксировка, различная брокерская деятельность, страхование, выполнение таможенных и пограничных формальностей, шипчандлерская деятельность и многое другое). Популярность агентирующих фирм разной формы собственности среди судовладельцев и фрахтователей в достаточной мере объективно отражает количество обслуженных судов.

В таблице 1 на примере порта Южный приведены сводные (ориентировочные) данные о распределении рынка агентских услуг между предприятиями различных форм собственности (по форме собственности "Инфлот" относится к чисто государственной, "Интерагент" - к смешанной, "СМТ Южный", "Южтранссервис" и "Интерпромсервис" - к частной, точнее, к коллективной форме собственности)

Таблица 1

Агентирующая фирма	1994 г. (суда %)	1995 г. (суда,%)
"Инфлот"	170 (34)	119 (25)
"СМТ Южный Лтд"	226 (45)	263 (54)
"Южтранссервис"	80 (15)	53 (11)
"Интерпромсервис"	20 (4)	30 (6)
"Интерагент"	9 (2)	18 (4)
Всего иностранных судов	505 (100)	483 (100)

Из таблицы 1 следует, что общее количество обслуживаемых судов в порту предприятиями всех форм собственности в 1995 г. по сравнению с 1994 г. сократилось, что объясняется продолжающимся ухудшением состояния экономики. В то же время обращает на себя внимание стабильный рост количества обслуженных иностранных судов, у большинства негосударственных агентских фирм (кроме "Южтранссервиса").

Сравнение по второму показателю (сумма платежей в госбюджет предприятиями разной формы собственности) требует экскурсов в действующую в Украине систему налогообложения субъектов предпринимательской деятельности. Законы Украины "О предпринимательстве" и "О внешнеэкономической деятельности" оставляют в распоряжении предприятия всю прибыль за вычетом установленных законодательством налогов. Через налоги государство строит свои отношения с предприятиями, вне зависимости от их формы собственности. Любые предприятия, государственные и негосударствен-

ные (кроме СП, пользующихся льготами), платят налог по единой ставке, в этом заключается принцип равенства перед законом предприятий всех форм собственности. Так, во всяком случае, должно быть, учитывая провозглашенный Президентом и Правительством курс на приватизацию и реформирование экономики Украины.

По характеру налогообложения среди агентских фирм можно выделить две основные группы (внутри которых имеются и свои особенности):

1 - национальные компании разной формы собственности (государственные, смешанные, частные, СП без квалификационных иностранных инвестиций)

2 - СП с квалификационной иностранной инвестицией, имеющие налоговые льготы, и чисто иностранные предприятия.

Под квалификационной понимается иностранная инвестиция, составляющая не менее, в общем случае, ~ 20 % уставного капитала совместного предприятия.

Система платежей в госбюджет агентскими фирмами в зависимости от формы собственности осуществляются по одной из схем, изображенных на рисунке 1:

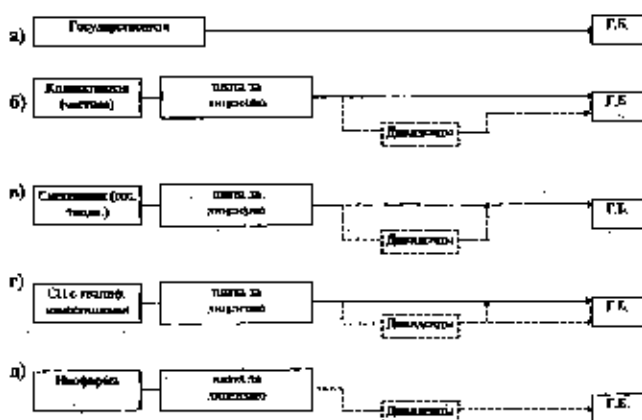


Рис. 1. Схема платежей в госбюджет агентских фирм разной формы собственности.

————— налог на прибыль;  
 - - - - - налог на дивиденды;  
 Г. Б. - госбюджет

По законам Украины все агентствующие предприятия, независимо от форм собственности, должны уплачивать в государственный бюджет плату за лицензию, налог на прибыль, налог на дивиденды учредителей и другие сборы и налоги. Особенности налогообложения, о которых говорилось выше, следующие:

1. Предприятия государственного сектора экономики (агентства "Инфлот") были освобождены от оплаты за лицензию на 5 лет, остальные агентства оплачивают ее в соответствии с Постановлением Кабинета Министров № 351 от 19.05.95 г.

2. В распределении доходов предприятий группы в) на рис. 1 имеется свой нюанс: смешанная фирма (например, "Интерагент"), где часть капитала принадлежит государству в лице Фонда госимущества Украины, а остальная - коллективу предприятия, - платит все налоги (как государственная фирма), потом дивиденды учредителям (в том числе Фонду госимущества), а тот, в свою очередь, опять в полной мере осуществляет платежи в госбюджет.

3. В соответствии с Законом Украины «Об иностранных инвестициях» от 12.03.92 г. (ст. 9 и 32) и принятым, в его развитие, Декретом Кабинета Министров № 55-93 от 20.05.93 г. (ст. 8 и 31) агентские фирмы с квалификационными иностранными инвестициями на 5 лет освобождены от уплаты налогов и в течение 10 лет гарантированы от изменения законодательства в этой области, т.е. уплачивают только налог на дивиденды при переводе (вывозе) за-

Таблица 2

Расчет платежей в бюджет	Государственные предприятия	Частные фирмы	Иностранцы
Доход	100	100	100
Прямые расходы	20	20	20
Налог на прибыль	24	24	0
Прибыль в распоряжении предприятия	56	56	80
Дивиденды (уставно не более 50%)	0	28	40
В том числе дивиденды иностранного партнера (уставно не более 50%)	0	0	20
Налог на дивиденды	0	8,4	12
В том числе налог на дивиденды иностранного партнера	0	0	6
Всего платежей в бюджет	24	32,4	18



границу части прибыли, принадлежащей иностранному инвестору в результате деятельности предприятия с иностранными инвестициями. И здесь есть свои особенности. Например, агентство «Одесмара», где часть уставного капитала принадлежит государству в лице Одесского порта, а остаток - иностранной фирме, платит дивиденды порту, а тот в свою очередь рассчитывается с государством.

4. Агентские компании с чисто иностранным капиталом вносят в госбюджет Украины плату за лицензию и налог на дивиденды от переводимой за рубеж суммы.

В контексте анализируемой проблемы определенный интерес представляет таблица 2 (для простоты принимаем уровень рентабельности во всех случаях 500 %) к расчете на 100 долларов дохода. Таблица наглядно демонстрирует, что бюджетные платежи негосударственных фирм без иностранного капитала на 35 % превышают поступления в бюджет от государственных предприятий.

Характерные особенности этого рынка: высокая рентабельность (по разным источникам оно оценивается в 500-1000 %), высокая скорость оборота капитала, отсутствие потребности в серьезных инвестициях. Из сказанного напрашиваются выводы:

1. Действующая в Украине система налогообложения агентских предприятий несовершенна и в настоящее время не соответствует провозглашенному принципу равенства условий для предприятий различной формы собственности.

2. С точки зрения налогообложения и платежей в госбюджет для государства сегодня более выгодны предприятия смешанной (государство плюс коллектив) и частной формы собственности, чем чисто государственные, совместные предприятия с квалификационными или без иностранными инвестициями и, тем более, с чисто иностранным капиталом (ранжировка последовательности - по сумме платежей в госбюджет).

3. Излишняя либерализация налогообложения инофирм, существовавшая до недавнего времени, привела к значительным потерям для государственного бюджета.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лозовский Н. Частный бизнес на морском транспорте Украины. // "Судоходство", №1, 1996 г., с. 32 - 33.

## **ЭКСПЕДИТОРСКАЯ И АГЕНТСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК РАЗНОВИДНОСТЬ КОММЕРЧЕСКОЙ РАБОТЫ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ**

**В.К.Козырев, И.И.Ландер**

В процессе морской перевозки грузов в достаточной мере условно можно выделить два аспекта: технологический и коммерческий.

Технологический аспект сводится к непосредственному использованию находящихся в распоряжении системы управления порта и судоходной компании технических средств морского транспорта, начинается с момента прибытия груза в порт отправления, включает процессы и операции по погрузке-выгрузке судна и связанные с ней, кончается вывозом груза из порта назначения, является объектом административно-распорядительской деятельности производственных подразделений порта, судна и судоходной компании.

Коммерческий аспект включает оказание посреднических услуг грузоотправителю, получателю и судовладельцу (услуги фрахтового брокера, морского агента, экспедиторских органов). Объектом коммерческой работы является регулирование отношений с клиентурой, со смежными видами транспорта, посредническими организациями.

Говоря о сущности коммерческой работы на морском транспорте, авторы [1] отмечают, что коммерческая работа рассматривается как управленческая деятельность, охватывающая систему всех связей и взаимоотношений морского транспорта с его клиентурой и смежными видами транспорта. Основная цель коммерческой работы – рентабельная для морского транспорта реализация транспортной продукции, т.е. перемещения грузов и сопряженных с организацией перевозочного процесса услуг грузовладельцам. Слово “коммерция” авторы характеризуют, как деятельность по продаже и покупке материальной продукции предприятия, равно и услуг, создаваемых в производственной и непроизводственной сферах.

Если учесть, что агентирование как и транспортное экспедирование грузов, о котором речь ниже, являются частью коммерческой деятельности, то все вышесказанное в полной мере относится и к ним.

В этой связи определенный интерес представляет вопрос о соотношении технического и коммерческого аспектов в деятельности морского агента и экспедитора грузов. Для ответа на этот вопрос надо проанализировать:

а) обязанности агента и экспедитора, как они трактуются в различных

официальных и литературных источниках;

б) профессиональные требования к подготовке агента и экспедитора.

Автор статьи [2] считает, что "... агентирование в чистом виде – это не коммерческая, а административно-распорядительская деятельность, которая обеспечивает комплекс работ, необходимых для организации захода и выхода судна из порта и обслуживание судна во время стоянки в порту. Можно привести огромный перечень обязанностей агента, но ни одна из них не будет носить характер коммерческой деятельности". И далее, говоря о дополнительных доходах "Инфлота", получаемых в результате расширения сферы услуг, автор утверждает, что "... этот доход является результатом не коммерческой, а лишь разумной и добросовестной работы агента, направленной на повышение уровня агентирования и обслуживания иностранных судов ...".

Такое мнение нашло определенное распространение в литературе, особенно среди авторов, близких к инфлотовским кругам, но это вызывает определенные возражения.

Из примерно 14 позиций, характерных для деятельности агента по документу [3], ни одна не может быть конкретно отнесена к технологическому аспекту (с большой натяжкой можно исключить "... обеспечения проведения вантажно-розвантажувальных работ та розрахунків з ними", да и то исключение зачеркивается словами "забезпечення" та "розрахунків"; агент непосредственно в "вантажно-розвантажувальних" работах не участвует, пользуясь услугами стивидорных компаний и т.п.).

Из укрупненных определений обязанности агента в [5 и 6] ни одно не может рассматриваться как технологическое или непосредственно связанное с выполнением технологических функций.

Наиболее полный перечень обязанностей судового агента приведен в [4] и типовой форме "Агентского соглашения" бывшего "Совфрахта", все они связаны с оказанием услуг и выполнением посреднических функций.

Перечень официальных источников можно было бы и продолжить, но ограничимся этим.

Мнение о превалировании технологии административно-распорядительской деятельности в агентировании флота, в ущерб коммерческой – вызывает возражение. Лицо, занимающееся агентированием флота, должно знать технологию и организацию работы морского флота и смежных видов транспорта, но быть профессионалом именно в коммерческой работе, в работе с клиентурой и оказании ей услуг, в посреднической деятельности. Особенно актуально это требование в период становления рыночных отношений на транспорте и в экономике в целом.

Рассмотрим исследуемую проблему в части, касающейся транспортно-экспедиторского обслуживания грузов. По договору морской перевозки грузов судовладелец обязан лишь принять род и количество груза у борта (либо на борту) судна и доставить его в порт назначения в сохранном виде. Ни гру-

зоотправитель, ни грузополучатель в портах погрузки многочисленными операциями по обслуживанию груза не занимаются. Выполнение этих функций, выходящих за пределы обязанностей перевозчика, поручается специализированным в этой области услуг транспортно-экспедиторским предприятиям, которые, заключив с грузовладельцами договор транспортной экспедиции, действуют от их имени, за их счет и за определенное договором вознаграждение. С правовой точки зрения договор транспортной экспедиции базируется на договоре поручения. Для клиентуры до недавнего времени экспедитором являлся сам порт, поскольку его транспортно-экспедиторская контора являлась оперативно-производственным подразделением управленческого аппарата. С целью защиты грузовладельцев и создания условий для формирования рыночных отношений в 1993 г. Кабинет Министров Украины принимает Постановление №770 в сфере транспортно-экспедиторского обслуживания внешнеторговых и транзитных грузов, которое четко определяет взаимоотношения экспедиторов (с одной стороны) и транспортных организаций (с другой стороны). Постановление содержит принципиально важные моменты:

а) транспортно-экспедиторское обслуживание грузов осуществляется любыми субъектами предпринимательской деятельности, получившими в установленном порядке специальную лицензию на этот вид деятельности;

б) экспедиторы выполняют свои функции без какого-либо вмешательства в хозяйственную деятельность транспортных предприятий;

в) экспедиторы осуществляют в установленные сроки доставку грузов по назначению и обеспечивают своевременную погрузку и разгрузку транспортных средств по ценам и тарифам, установленным действующим законодательством;

г) при транзитных перевозках создаются равные условия прохождения грузов, независимо от того, какому государству они принадлежат, или от каких-либо обстоятельств, касающихся их владельца.

В Постановлении нашли отражение и мероприятия антимонопольного характера (созданы равные условия и содействие в осуществлении экспедиторами своих функций; участники транспортно-экспедиторской деятельности свободны в выборе предмета договора, определении взаимных обязательств и т.д.). В части транзитных перевозок отмечается, что правила не распространяются на пассажиробагаж, почтовые отправления и транзит грузов военного назначения. Экспортеры также могут заниматься вопросами фрахтования национального и иностранного тоннажа, страхованием грузов.

Из примерно двух десятков основных функций экспедиторов, перечисленных в Постановлении Кабинета Министров, ни один не подразумевает выполнение экспедиторами технологических функций, все они относятся к чисто коммерческой деятельности, хотя в части транспортной экспедиции зачастую довольно трудно провести грань между технологией и коммерцией

Определенные выводы в контексте анализируемой проблемы можно сделать и из анализа профессиональных требований к подготовке специалистов по агентированию и транспортному экспедированию.

В области транспортного экспедирования грузов особых официальных требований к профессиональной подготовке не предъявляется, наличие образовательного ценза учитывается практически в сфере продвижения по службе, опыта работы на транспорте, деловых качеств работника. Экспедированием грузов может заниматься любой, имеющий подготовку на уровне младшего специалиста, бакалавра, специалиста.

Иначе обстоит дело в сфере агентирования и фрахтования флота. Приказом по Министерству транспорта [3] установлены довольно жесткие требования к профессиональной подготовке специалистов. Так, лицензии на осуществление агентирования и фрахтования морского торгового флота выдаются предпринимателю, если он имеет специальность инженера-судоводителя, инженера по организации и управлению морским транспортом, инженера по организации и управлению морским транспортом со специализацией по коммерческой эксплуатации (готовил ОИИМФ, ныне ОГМУ); либо работал вторым, старшим помощником капитана, капитаном на судах дальнего плавания и имеет стаж работы по специальности судоводителя или эксплуатационника не менее трех лет или в береговых организациях не менее 5 лет; владеет английским языком в объеме, необходимом для выполнения профессиональных обязанностей в этом виде деятельности, т. е. агентированием и фрахтованием флота могут заниматься лица, имеющие только второй (как минимум) и третий уровни подготовки (бакалавр, специалист).

Из всего вышесказанного следует:

1. В рыночных условиях специалистов морского (берегового) профиля нужно готовить раздельно (в рамках общей специальности) со специализацией по двум направлениям:

- а) технологическая работа;
- б) коммерческая работа.

2. По технологии готовить специалистов 3-х уровней подготовки: младший специалист, бакалавр, специалист (магистр).

3. По коммерческой работе готовить специалистов по транспортной экспедиции (3 уровня подготовки), агентированию и фрахтованию (без младших специалистов).

Отвечая на вопрос о соотношении технологического и коммерческого аспектов в агентировании и экспедировании на морском транспорте в качестве общего вывода следует: транспортная экспедиция, агентирование и фрахтование тесно связаны с технологией, базируются на технологии, но по специфике профессионально решаемых вопросов представляют самостоятельную сферу деятельности и должны выполняться специалистами коммерческого профиля, хорошо разбирающимися в вопросах технологии.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Панибратец Н.А., Сухоцкий В.И. Организация коммерческой работы на морском транспорте. М.: Транспорт, 1981. - 248 с.
2. А.П.Волошин. Драка за вознаграждение // "Вечерняя Одесса", 03.06.95
3. Приказ № 247 от 16.05.94г. "Про умови та правила здійснення агентування та фрахтування морського торговельного флоту та контроль за їх виконанням".
4. Луговцов А.Ф., Маслов Г.А. Агентирование морских судов. М.: Транспорт, 1988. - 207 с.
5. UNCTAD minimum standards for agents // UNCTAD, 07.09.1988
6. F.N.Hopkins. Business and Law for the shipmaster. Glasgow. Brown, son and Ferguson, Ltd. 1989. - 900 p.

## **СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ УКРАИНЫ**

**Е.Д.Крушквин**

### **I. Состояние эксплуатационной деятельности морских портов**

В первом полугодии 1998 г. портами Украины переработано 34,2 млн. т грузов (+21,8% к уровню аналогичного периода 1997 года), за этот период портами получено 365,3 млн. грн. доходов при 229,9 млн.грн. расходов.

За перевалку каждой тонны грузов порты (от всех видов работ и услуг) получали в среднем – 10,68 грн. при расходах – 6,72 грн.

Темп роста расходов превышал темп роста доходов на 15,1%. 81,58% грузов от общего объема грузопереработки, перегружались по сниженным (на 10 – 50 %) аккордным ставкам, установленным правительством Украины. В среднем порты перегружали грузы по аккордным ставкам, сниженным на 38,36 %, в результате чего потери от снижения только по этой причине составили 141,16 млн.грн. (за полугодие).

За 8 месяцев г.г. через морские порты перегружено 20,2 млн.т транзитных грузов.

По оценке многих авторов, потери морских портов от несовершенной тарифной политики и несовершенства правового обеспечения составляют 800 млн.долл США. Только геополитическое и геостратегическое положение Украины может обеспечить дополнительные поступления в размере 1,5 млрд.долл США.

За транзитные перевозки через Украину клиенты платят два с половиной млрд.долл США, которые по сути являются инвестицией в экономику страны.

Порты использовали свои мощности только на 35 – 50 %, имеют возможность в настоящее время дополнительно перегружать более 40 млн.т сухогрузов.

### **II. Ресурсное обеспечение деятельности портовых комплексов**

Современное состояние экономики Украины зеркально отображается на деятельности предприятий морского транспорта (морских портов).

Морские порты испытывают большие затруднения в связи с недостатком, в основном, оборотных средств. Эти трудности, по нашему мнению, яв-

ляются следствием несовершенства действующей системы кредитования и расчетов по результатам деятельности морских портов, входящих в портовые комплексы. Такое положение сложилось в результате:

- - самоустранения банковской системы от участия в организации и контроле состояния взаимных расчетов между субъектами хозяйствования в портовых комплексах;
- недостаточного участия государства, в т.ч. банковской системы и надзорных органов, в контроле за расчетными операциями по выполненным работам, в том числе по расчетным документам в пути;
- нецелевого использования кредитных ресурсов;
- использования финансовых ресурсов предприятиями (по результатам производственной деятельности) не по назначению.

По уровню выполнения финансовых показателей предприятия, функционирующие в портовом комплексе, можно разделить на две группы: рентабельные и нерентабельные. В настоящее время, как для рентабельных предприятий, так и для нерентабельных предприятий, характерна низкая платежеспособность.

Если неплатежи нерентабельных предприятий еще как то можно объяснить трудностями вхождения в рыночные отношения, задержкой структурных изменений в экономике Украины и предприятий и т.п., то неплатежи рентабельных предприятий возникают в связи с (по моему мнению):

- отсутствием имущественной и другой ответственности за нарушение сроков платежа;
- низкой расчетной дисциплиной, которая является следствием недостатка оборотных средств и недостаточной ответственностью руководителей за сроки платежа;
- самоустранением банковской системы от организации постоянного контроля за расчетами предприятий,
- недостаточным участием государства в осуществлении систематического контроля за платежами;
- неудовлетворительным обоснованием предприятиями показателей текущих и других планов;
- отсутствием эффективной системы контроля хода выполнения показателей текущих (и других) планов объектами хозяйствования, а также отсутствием четкой ответственности предприятий за нецелевое использование финансовых и других видов ресурсов.

Существующая в Украине система менеджмента (управления) предприятиями (особенно государственными) имеет существенные недостатки, которые разрывают процесс управления хозяйствующими объектами.

Рассмотрим это положение на примере морского порта, как объекта хозяйствования в годовом интервале времени.

Морские порты, до начала каждого нового текущего периода, разрабаты-



вают планы на этот период, которые включают:

- план грузопереработки (план работ и услуг);
- план финансирования затрат, связанных с выполнением работ и оказанием услуг в предстоящем периоде;
- план финансирования развития производства;
- планы финансирования социально-экономических мероприятий, которые предполагается осуществить в предстоящем периоде.

Все планы, разрабатываемые портом, в силу действующего законодательства, должны согласовываться с трудовым коллективом и профсоюзными организациями, работающими на предприятии (к сожалению, такое согласование часто не осуществляется). Эти планы должны формироваться в пределах собственных и заемных средств, которыми будет располагать предприятие в предстоящем периоде, однако, эти требования к планам не всегда выполняются.

Таким образом, рентабельно работающие предприятия (порты), фактически разрабатывают планы, при надлежащем исполнении которых следует ожидать получение положительного финансового результата и ритмичности финансовых расчетов. Несмотря на это даже рентабельно работающие порты систематически, ввиду недостатка оборотных средств, часто нарушают сроки платежей. Растет дебиторская и кредиторская задолженность, нарушаются сроки выплаты заработной платы персоналу предприятия, часты случаи невыполнения обязательств перед клиентурой за выполненные ими работы и оказанные услуги. На нерентабельно работающем предприятии расходы часто превышают поступления. Если по таким предприятиям причины сложного финансового положения можно объяснить, то по рентабельно работающим предприятиям возникает вопрос, - почему порты, по итогам работы за текущий период, имея прибыль (будучи рентабельными), нарушают расчетную дисциплину?

Нарушение расчетной дисциплины портами может иметь место, по нашему мнению, по следующим причинам:

действующая система расчетов за работы и услуги, выполненные такими хозяйствующими объектами, неэффективна;

предприятия грубо нарушают текущие планы, допуская при этом нецелевое использование финансовых и других видов ресурсов;

имеют место оба случая одновременно.

Анализ хозяйственной деятельности крупных морских портов, Постановления правительства, посвященные совершенствованию управления финансовой деятельностью предприятий, выступления народных депутатов дают основания утверждать, что на результаты деятельности этих предприятий оказывает влияние как первая, так и вторая причины, т.е. имеет место третий случай из рассмотренных случаев.

В этой связи, по нашему мнению, для повышения эффективности и, в

дальнейшем, стабилизации деятельности хозяйствующих объектов в портовых комплексах в условиях перехода к рыночным условиям функционирования экономики Украины необходимо в возможно короткие сроки:

- обязать банковскую систему страны осуществлять строгий контроль за прохождением (в том числе по расчетным документам в пути) расчетных документов, за выполненными работами и услугами, между банками. Установить ответственность банков за сроки прохождения платежей;

- поручить надзорным и контрольным органам страны осуществление контроля в обслуживающих банках за прохождением расчетных документов по выполненным работам и услугам, оказанным объектами хозяйствования;

- за счет реструктуризации финансовых ресурсов, хранящихся на банковских счетах предприятиями, долевого участия предприятий, в создании кредитных ресурсов в обслуживаемых банках, привлечения внешних кредитных ресурсов, процентных платежей за пользование краткосрочными кредитами, поступлений от предоставления банками гарантий по выдаваемым предприятиями векселям, поступлений выполнения банками факторинговых операций, штрафов за нарушение сроков платежей по дебиторской и кредиторской задолженности, кредитных ресурсов Национального банка Украины, открыть в региональных банках и банках, обслуживающих предприятия и организации, специальные счета, на которых хранить финансовые ресурсы для:

- а) кредитования предприятий под расчетные документы в пути;

- б) кредитования предприятий для выплаты заработной платы.

- установить (возобновить) финансовую и имущественную ответственность предприятий за нарушение расчетной дисциплины;

- установить материальную и административную ответственность менеджеров (руководителей) за выполнение показателей текущих планов предприятий и нецелевое использование ресурсов;

- установить граничные размеры основных финансовых показателей деятельности предприятий, отклонение от которых должно быть основанием для оценки деятельности предприятия, как удовлетворительно или неудовлетворительно работающего. Финансовые показатели должны рассчитываться по текущим планам и исполненному в прошедшем периоде балансу. Работа менеджеров и руководителя предприятия должна оцениваться по результатам сопоставления основных (финансовых) показателей текущего плана и таких же показателей, рассчитанных по исполненному балансу;

- применить понятия "целевое" и "нецелевое" использование финансовых ресурсов, объектами хозяйствования. Определить содержание этих понятий применительно к предприятиям с государственной формой собственности;

- ввести для объектов хозяйствования (предприятий) в Украине уровневую систему управления, которая должна состоять в следующем:

менеджмент (управление) предприятием в текущем периоде (и более продолжительном интервале времени) должен реализовываться демократическим путем через Наблюдательный совет и Правление предприятия;

оперативное управление по исполнению текущих и оперативных планов менеджерами (руководителями) с использованием элементов единоначалия. Права и обязанности менеджеров (руководителей), в этом случае, должны быть выписаны в уставе предприятия;

внести в хозяйственное право Украины понятие “Портовый комплекс” и рассматривать его как “среду (сферу)” в которой функционируют: предприятия, фирмы, компании и т.д., специализирующиеся на выполнении работ и услуг на рынках транспортных и перегрузочных работ. Таким объектам хозяйствования должна выдаваться государством соответствующая лицензия.

### **III . Структура базового субъекта портового комплекса**

Управление объектами хозяйствования в сфере порта должно осуществляться:

- морской администрацией;
- структурами управления морского порта (предприятия);
- администрациями независимых объектов хозяйствования, имеющими лицензии на осуществление определенных операций на рынках транспортных и перегрузочных работ в сфере портового комплекса.

Организационная структура управления морским портом должна состоять из субъектов менеджмента:

- наблюдательного совета (состоящего из представителей государственных и других органов управления и хозяйствующих объектов);
- правления порта;
- начальника порта;
- администрации структурных подразделений порта, имеющих самостоятельный баланс.

Правление морского порта должно реализовывать возложенные на него функции через управленческие подразделения (в дальнейшем эти управленческие подразделения будем называть “Департаменты”). Департаменты, в свою очередь, должны состоять из следующих функциональных отделов:

- департамент, курирующий экономику порта, состоящий из отделов: экономики и тарифов, маркетинга и договоров, юридического, компьютерного, бухгалтерии, финансового и т.д. Возглавляет первый заместитель начальника порта;

- департамент оперативной координации производственной деятельности структурных подразделений порта. Возглавляет заместитель начальника порта;

- департамент развития и технической эксплуатации фондов порта. Возглавляет главный инженер порта, курирует технические отделы;

- департамент общего надзора. Возглавляет заместитель начальника порта, курирует отделы техники безопасности и экологии;
- департамент кадров и социального развития. Возглавляет директор департамента.

Начальник порта и руководители департаментов назначаются и освобождаются от должности приказом Министра. С начальником порта заключается контракт, условия которого согласовываются с трудовым коллективом.

В текущем и наиболее продолжительных интервалах времени эксплуатационная деятельность морского порта осуществляется: наблюдательным советом, правлением порта, на оперативных интервалах времени (квартал, месяц, сутки, смена) – начальником порта через департаменты Правления порта.

Отделы Правления порта общего назначения состоят в непосредственном подчинении начальника порта. Главный бухгалтер порта осуществляет функции государственного контролера в вопросах бухгалтерского учета и отчетности.

Приведенная организационная структура управления портовыми комплексами позволит отойти от линейно-функциональных структур управления успешно работавших в условиях плановой экономики с высокой степенью централизации принятия хозяйственных и инвестиционных решений. Это создаст условия для более эффективного управления портовыми комплексами в условиях рынка.

Создание в Украине предлагаемой схемы краткосрочного кредитования объектов хозяйственной деятельности по выполненным работам и услугам обеспечит:

- более ритмичную работу хозяйствующих объектов в портовых комплексах, создаст условия для привлечения дополнительных объемов работ;
- сократит дебиторскую и кредиторскую задолженность;
- улучшит контроль за прохождением платежей по выполненным работам и услугам;
- сократит объемы нереальной дебиторской задолженности;
- сократит, в последующем ликвидирует, нецелевое использование финансовых и других видов ресурсов хозяйствующими объектами.

Введение в портовых комплексах единой (типовой организационной структуры управления) организационной структуры управления обеспечит:

- эффективное, надежное обоснование управленческих решений, прозрачность управления хозяйственной деятельностью в портовых комплексах;
- участие трудовых коллективов в текущем и на более продолжительных интервалах времени, в выработке управленческих решений. В свою очередь, обеспечит более благоприятный социально-психологический климат в трудовых коллективах предприятий;
- более эффективное использование финансовых и других ресурсов предприятий и других хозяйствующих объектов в портовых комплексах;

дополнительные поступления в бюджет Украины.

#### IV. Выводы и предложения

1. Выполнение макроэкономических показателей морскими портами, рассчитанных по отчетным данным прошедшего периода, может быть основанием для снижения действующих аккордных ставок, минимум на 25 – 30 %. Такое снижение аккордных ставок, не скажется на экономике и будет содействовать привлечению дополнительных грузов для перевалки в морских портах отрасли.

Загрузка не используемых в настоящее время мощностей портов, обеспечит получение дополнительной прибыли и отчислений в бюджет. Это, в свою очередь, создаст условия для снижения на 10 – 12 % налога на добавленную стоимость и, за этот счет, будут привлечены в Украину дополнительные объемы транзитных грузов.

2. В сфере морских портов, в настоящее время, работают десятки коммерческих структур, выполняющих функции экспедитора, агента и т.д. и т.п.

Порты, располагая производственными и трудовыми ресурсами, имея определенный опыт во всех сферах деятельности коммерческих структур, могут выполнять эти функции. Решение этой проблемы лежит в плоскости организации и, видимо, желания.

3. Создать в Украине систему краткосрочного кредитования выполненных работ и услуг под расчетные документы в пути, при участии банков.

4. Для более эффективного управления морскими портами уже в настоящее время необходимо отказаться от линейно-функциональных структур управления этими предприятиями и перейти на двухуровневую систему управления, описанную в третьем разделе настоящих предложений.

5. Рассматривать использование финансовых и других видов ресурсов в соответствии с текущими и оперативными планами, согласованными установленным порядком, как целевое использование ресурсов. Во всех остальных случаях как нецелевое использование финансовых и других видов ресурсов.

Установить ответственность менеджеров (руководителей) за нецелевое использование финансовых и других видов ресурсов.

6. Установить (Постановлением Правительства Украины) перечень и интервалы изменения основных показателей работы морских портов, характеризующих финансовое состояние этих предприятий. Указанные показатели должны рассчитываться по согласованным планам и исполненным балансам и являться основанием для оценки деятельности морских портов, его менеджеров (руководителей).

Такая оценка результатов работы морских портов должна осуществляться не реже одного раза в год, рассматриваться органами управления портового комплекса и представляться Министру для утверждения.

7. Реализация рассмотренных подходов к стабилизации производственной деятельности портовых комплексов создаст более благоприятные условия для систематического контроля прохождения платежей государственными органами и банками Украины, установит надежный и эффективный контроль дебиторской и кредиторской задолженностей предприятий, а также будет содействовать повышению эффективности использования кредитных ресурсов.

Нам представляется, что предпринятые меры стабилизации эксплуатационной деятельности портовых комплексов могут быть реализованы, в значительной степени, в рамках действующего в Украине законодательства.

# КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕЙНЕРНЫМ ТЕРМИНАЛОМ МОРСКОГО ТОРГОВОГО ПОРТА

Е.Д.Крушкин

Компьютерные системы, обслуживающие в настоящее время контейнерные терминалы морских портов, созданы и введены в эксплуатацию десять и более лет тому назад на имевшейся тогда технической базе.

Технические средства к настоящему времени морально и физически устарели. Вычислительная техника полностью исчерпала свой ресурс при нормативном сроке эксплуатации 8 лет, фактически обслуживает многие контейнерные терминалы более 12 лет.

Математическое обеспечение и прикладные программы (программы пользователя) созданы в среде, морально устаревшей к настоящему времени, и не могут быть ни модернизированы, ни развиваться.

## Недостатки системного программного обеспечения, эксплуатируемого в порту

ОС	Недостатки	СУБД	Языки	Матр. средства	Матрица
ДНАМС	Поддерживает только СУБД ДНАМС	ДНАМС ALIASAS	Используется, вероятно, нет стандартной подсистемы обеспечения данных, исключены операции транзакций, есть только средства ДНАМС: поименование – реализован на Ураленс-носивесте.	ДНАМС	Работает только с СУБД ДНАМС без использования ОС ДНАМС. Нет адекватных средств быстрой разработки.
OS2	Не является корпоративной ОС	ADABAS	Языки: дается в целом только собственным языком NATURAL, но отсутствует стандарт SQL, отсутствует репликация, материал – почти нет информации в рамках корпоративной программы, конфигурация, возможности, реализованы в Ураленс-носивесте, но отсутствует ОС FI-DM.	NATURAL	Нет средств быстрой разработки, отсутствие инструментов: отсутствуют стандартные инструменты разработки (SQL, dBASE).
SOFTWARE	Не поддерживается на сред. аппаратах	ALIAS	Нет адекватных средств в условиях отсутствия данных, не поддерживает возможности языка dBASE, SQL, не содержит возможности разработки, исключены при разработке общие средства отладки, нет информации ОС, FI и DM.	CLIPPER	Весь программный материал работает только с СУБД dBase.
VM	Неработоспособна на IBM и MVS-системах и платформе Novell NetWare (IBM), также не работает на платформе Windows NT, отсутствует поддержка компьютерных сетей IBM/OS2.	ALIASAS	Языки: дается в целом только собственным языком NATURAL, но отсутствует стандарт SQL, отсутствует информация, информация, реализованы в Ураленс-носивесте, но отсутствует ОС, FI и DM.	NATURAL	Нет средств быстрой разработки, отсутствие инструментов: отсутствуют стандартные инструменты разработки (SQL, dBASE).

В этой связи многие порты осуществляют поэтапный перевод системы управления контейнерными терминалами на современную техническую базу. Отделом АСУ Ильичевского порта также подготовлены технические требования создания новой компьютерной системы для обслуживания контейнерного терминала, которая станет одним из блоков создаваемой в порту корпоративной системы управления всеми сторонами деятельности предприятия.

Компьютерная система контейнерного терминала Ильичевского морского порта разрабатывается :

- на современной платформе, использующей аппаратные средства фирмы Hewlett Packard (США) и математическое обеспечение фирм MicroSoft, ORACLE и Borland (США). Прикладные программы разрабатываются в среде Windows NT и Oracle, позволяющей, как последующее развитие системы, так и включение ее в общепортовую автоматизированную систему управления;

- с учетом обеспечения, на втором этапе, использования мобильных радио терминалов (таляманами, помощниками складов, водителями контейнеровозов и т.д.), для ввода информации на железнодорожной станции, на проходных порта и въездах на контейнерный терминал;

- с широким использованием радио и телефонных и проводных линий связи, с резервированием и взаимозаменяемостью;

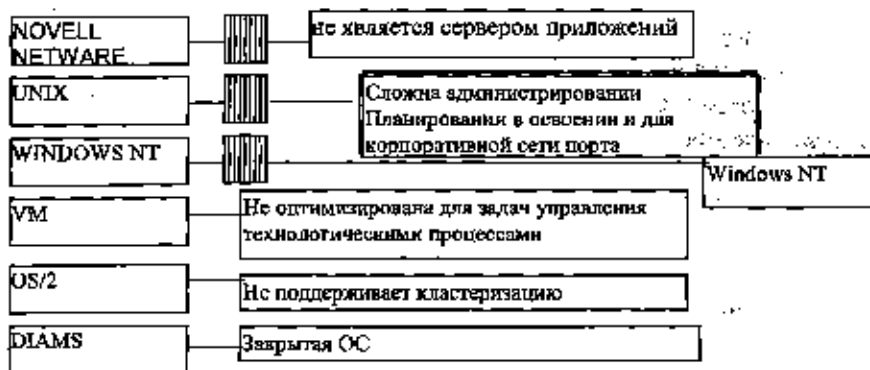
- при условии обеспечения надежной системы слежения за всеми этапами прохождения контейнеров через порт «от проходной до проходной» и т.д.

В связи с финансовым положением порта систему, с даты подписания контракта и перечисления средств, предполагается реализовать в пять этапов, в течение одного-полутора лет.

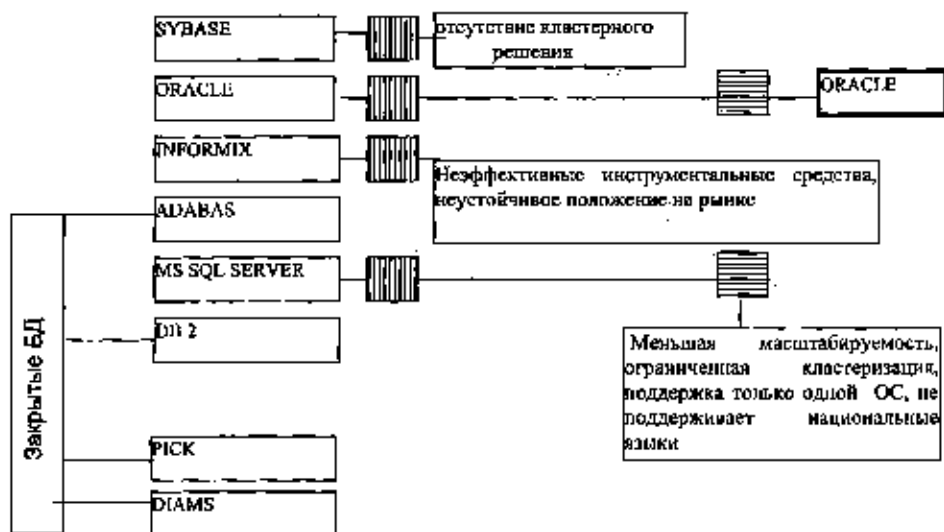
При формировании «Технических требований на создание АСУ Контейнер» выполнялся анализ следующих составных частей проекта от ведущих фирм - производителей: операционная система; система управления базами данных; инструментальные средства разработки и администрирования; центральный вычислительный комплекс (сервер); сетевое и коммуникационное оборудование; рабочие станции; обучение персонала; оборудование для создания компьютерных радиоканалов; услуги по комплексной установке и настройке всех компонентов проекта.



## Анализ операционных систем ведущих фирм



Развернутый анализ общесистемного математического обеспечения представлен ниже.



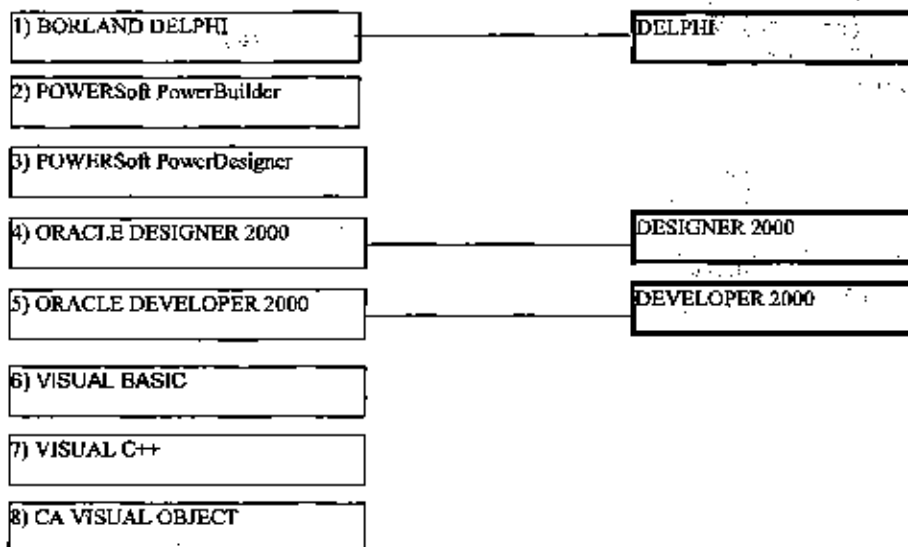
## Анализ систем управления базой данных (СУБД)

В схемах здесь и далее использованы следующие обозначения:

- элемент, удовлетворяющий функциональным требованиям системы
- элемент, выбранный по лучшим характеристикам
- окончательно выбранный элемент

## Инструментальные средства разработки приложений

Набор инструментальных средств разработки определяются выбранной СУБД ORACLE.



Рассмотрим основные достоинства и недостатки инструментальных средств.

1. Delphi - хорошее дополнение для Oracle Designer/Developer при разработке средних и малых приложений.

2,3. PowerSoft PowerBuilder/PowerDesigner - очень сложно создавать собственные компоненты.

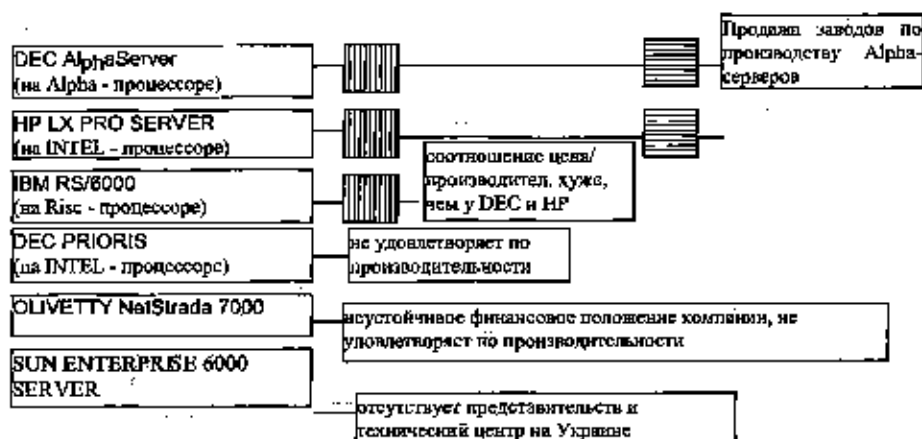
4,5. Oracle Designer/Developer - при работе с Oracle используются все возможности сервера. Приемлемо для разработки сложных приложений, где необходимо использовать специфичные функции сервера.

6. Visual Basic - псевдо-объектно-ориентированный язык, сложно создавать приложения для работы с базами данных.

7. Visual C++ - сложно создавать приложения для работы с базами данных.

8. CA Visual Object - не является средством для создания полноценных приложений клиент-сервер.

## Соответствие возможностей вычислительного комплекса (сервера) от различных фирм



### Критерий выбора рабочих станций

С целью унификации поставляемого оборудования и облегчения технической поддержки одной фирмой, рабочие станции, в том числе графические, целесообразно выбирать производимая фирмой Hewlett Packard. Кроме того, компьютеры этой фирмы отличаются высокой надежностью.

### Обучение персонала

Курсы по обучению персонала определены выбранным оборудованием и программными продуктами. Учебу предполагается провести в сертифицированных учебных центрах.

### Оборудование для создания компьютерных радиомостов

К числу наиболее известных производителей оборудования для компьютерной радиосвязи следует отнести американские фирмы Solectec и Aironet (обе США). Наиболее близкими по параметрам и соответствующим предъявляемым требованиям следует считать среднескоростной многоточечный радиомост AIRLAN/BRIDGE Plus фирмы Solectec и многоточечный радиомост BR2000-EE фирмы Aironet. Основные параметры указанных радио-мостов приведены в таблице.

\* Для радиомоста AIRLAN/BRIDGE Plus приведена розничная цена США одного направления. Для радиомоста BR2000-EE приведена цена S.I.F. аэро-

порта одного направления.

Как следует из приведенных параметров, при приблизительно одинаковых ценах радиомост BR2000-EE обеспечивает большую дистанцию передачи. Кроме этого, лабораторией журнала PC Week радиомост BR2000-EE

Основные параметры	AIRLAN/BRIDGE Plus	BR2000-EE
Максимальная скорость, Мбит/сек	2,048	2,048
Максимальная дистанция, км	4,8	10
Частотный диапазон, МГц	902-928	2400-2480
Ориентировочная цена, USD*	8000	8300

признан лучшим в своем классе радиомостом для соединения локальных сетей («PC Week» от 29.05.95). Эти причины определили выбор радиомостов BR2000-EE фирмы Aironet для модернизации АСУ «Контейнер».

#### Сетевое и коммуникационное оборудование

В качестве основного стандарта для ЛВС выбран Ethernet 10BaseT, обеспечивающий пропускную способность 10Мбит/с. Для обеспечения быстрого доступа к серверу с многих направлений в ЛВС базового сервера используется стандарт 100BaseTX. Для сетевого окружения базового сервера выбрано оборудование фирмы Hewlett-Packard (хабы и коммутаторы), чем обеспечивается совместимость и унификация. Для сетевого окружения рабочих групп использованы маршрутизаторы фирмы Cisco, которые при достаточно высоком качестве имеют более низкую цену, чем аналогичное оборудование фирм 3Com и Hewlett-Packard. Сетевые адаптеры рабочих станций - EtherLink III производства фирмы 3Com - высоконадежные адаптеры, использующие патентованную технологию Parallel Tasking, являются наиболее дешевыми устройствами этого типа с такими характеристиками.

Исходя из вышеприведенного анализа, для реализации проекта целесообразно использовать следующие программные и технические средства:

Операционная система – MS Windows NT

Система управления базой данных – Oracle 8

Средства разработки приложений - Oracle Designer 2000/Developer 2000, Delphi

Центральный вычислительный комплекс - HP LX Pro Server

Рабочие станции - производства Hewlett Packard

Услуги по поставке, комплексной установке и настройке всех компонентов проекта

Поставку, комплексную установку и настройку всех компонентов проекта может осуществить фирма - системный интегратор или солидная фирма-производитель поставляемого оборудования, обладающая опытом внедрения подобных систем. Комплексные решения по настоящему проекту предложат следующие фирмы:

- Digital Equipment Corporation – DEC (США),
- System and Technologies Holding Ges.m.b.H. – S&T (Австрия),
- ООО High Technology - HiTec (Одесса, Украина).

Анализ предложений указанных фирм приведен в таблице 1.

Из приведенного анализа видно, что фирма Digital предлагает наиболее дорогое решение при отсутствии комплексного сетевого решения по радиосвязи. Без такого решения вариант фирмы Digital для порта неприемлем, так как проводные каналы в порту не обеспечат достаточную надежность и качество связи между рабочими группами контейнерного терминала, а прокладка новых линий связи по контейнерному терминалу в ближайшее время перереальна.

Вариант фирмы HiTec дешевле варианта фирмы S&T, но снижение стоимости выполнено в основном за счет исключения из схемы очень надежного оборудования динамической маршрутизации в рабочих группах фирмы Cisco, поставки более дешевых персональных компьютеров (Micron вместо Hewlett Packard), исключения из проекта усилителей для радиооборудования. Предложенная HiTec в качестве операционной системы IntranetWare нецелесообразна в данном проекте по изложенным выше причинам.

Фирма S&T предложила наиболее приемлемый вариант проекта и является более опытным и крупным системным интегратором по сравнению с фирмой HiTec.

Кроме того, фирма S&T является официальным представителем и крупнейшим дистрибьютором фирмы Hewlett Packard в Украине и имеет единственный в Украине Технический Сервисный центр по обслуживанию оборудования Hewlett Packard.

Таблица 1. Анализ предложений фирм

#	Фирма	DEC		S&T		HP/Asc	
		тип	USD	тип	USD	тип	USD
1	Операционная система	Win NT/ UnixCluster	9000	Win NTCluster	14900	Intranet ware 4.11 SBT III	11200
2	СУБД	Oracle 8 (32 bit)	120000	Oracle 8 (32 bit)	120000	Oracle 8 (32 bit)	120000
3	Средства разработки приложений	Developer DesignerDelphiWeb Devel Suite	28000	DeveloperDesignerDelphiWeb Devel Suite	28000	Power Suite 3 bit	28000
4	Центральный вычислительный комплекс	Alpha server 4100 5/300 Cluster	150000	HP Net Server LX Pro 6/200Cluster	86500	HP Net Server LX Pro 6/2002 сервера и сервера	116726
5	Сетевые концентраторы и маршрутизаторы	Digital	28000	HP/Cisco	52000	HP	15800
6	Модемы	Digital	8000	Telindus Crosses HDSDL (14)	45000	RAD (12)	8600
7	Работостолы	Нет решения	50000	Aironet5 настольные	49500	Aironet5 настольные	30000
8	Персональные ЭВМ	Digital Venteris 90 шт	87600	HP Vectra 5/200	95000	Micron Millennia30 шт	69000
9	Графические станции	Digital Celebris2 шт	14000	HP XA 6/3002 шт	15000	Micron Millennia PII 300 2шт	12000
10	Групповые сервера		35000	HP	35180	HP	35000
11	Принтеры		35000	HP	24200	HP	32000
12	Обучение	Oracle/Digital	61650	Oracle/Borland	61650	Oracle/Novell	61650
13	Инсталляция		11830		8970		5500
14	Гарантия	3 года	49000	3 года	0	3 года	0
16	Оффисное оборудование		6000		6000		6000
17	Устройства бесперебойного питания	APC46 шт	17800	APC46 шт	17500	Exide40 шт	16400
	ИТОГО		706080		658900		568076

**Анализ системного программного обеспечения компьютерной системы  
контейнерного терминала корпоративной сети порта**

Операционные системы	Возможные платформы	СБД	Вспомогательные технологии	Средства разработки приложений	Примеры
UNIX WINDOWS NT NETWARE  OS/2 VM  Open VMS		ORACLE SYBASE INFORMIX MS SQL Server  ADABAS DB2		Developer 2000 Designer 2000  Power Builder Power Design  NewEra Informix 4GL Visual Basic Delphi  Visual C Visual Object  NATURAL  Языки третьего поколения (3GL)	Для АСУ Выпущены (в корпоративной сети порта, в бухгалтерии) системными службами компании Windows NT -> ORACLE -> Developer/Designer/Delphi (в бухгалтерии - ОС UNIX) также на индивидуальной территории, определяются универсальности и специализации различных компонентов. Кроме того, данные возможности можно установить на специализированных средствах, позволяющих вести работу в режиме реального времени. Выпуск Windows NT на разных этапах обслуживания сети с большой скоростью и высокой надежностью функционирования (по сравнению с UNIX). Но, для корпоративной сети лучше предпочесть ОС UNIX. Параллельно в бухгалтерии СУБД ORACLE под ОС UNIX на апрелье больших затрат (в том числе с использованием ORACLE и таблиц) востановил функционирование различных систем (создание таблиц, а не только одной таблицы)
					Примеры реализации обработки системных данных с использованием возможностей: 1. NetWare - за предоставление всех функций приложения 2. SYBASE - на разных этапах обслуживания системы разработки, контроля/исполнения данных 3. INFORMIX - нет собственных специализированных средств разработки, контроля/исполнения данных 4. MS SQL Server - специализированная СУБД (работает только под Windows NT)

## **ОБ ОФОРМЛЕНИИ КАПИТАНОМ ДОКУМЕНТОВ, СВЯЗАННЫХ С ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАМИ НА МОРЕ**

**А.О. Балобанов**

Сущность проблемы общей и частной аварии состоит в обязанности возмещения вреда. Эксплуатация морских судов в современных условиях возрастающей интенсивности мореплавания с одной стороны, а также ухудшение технического состояния флота - старение, экономия средств на его постройку, приводят к событиям связанным с материальными убытками нормы международного и внутригосударственного законодательства, определяют правила возмещения убытков при общей и частной аварии. Их различие состоит в обязанности различного круга лиц возмещать убытки. Утверждение Законом такой обязанности является важным фактором их предупреждения причинения убытков.

Дифференциация законодателем этих понятий и отсюда правовых последствий требует квалифицированного решения вопроса о виде аварии (общая, частная), ее фиксации и своевременного предъявления требований к определенной категории лиц по их возмещению. Споры, возникающие по возмещению убытков занимают в практике морской перевозки грузов доминирующее место.

Практическое значение классификации аварий - общая и частная - заключается в том, что убытки, признаваемые общей аварией, подлежат распределению между судовладельцем, грузовладельцем и фрахтователем фрахтом и грузом соразмерно стоимости судна, груза, фрахта. Убытки, признаваемые частной аварией не подлежат такому распределению.

Возмещение убытков возлагается на самого пострадавшего, либо на причинителя вреда.

Фиксация оснований классификации аварий может иметь место в экстремальных условиях мореплавания, а ее оформление не исключает определенного субъективизма лиц, заинтересованных в соответствующих правовых последствиях. Поэтому для последующего оформления факта причинения убытков диспашером особое значение приобретают такие документы, как судовой журнал, аварийная расписка. Записи в судовом журнале должны подтверждать схему последующего распределения убытков, кроме того содержать фиксацию и обоснование чрезвычайных расходов для предотвращения опасности. Понятие опасности должно подтверждаться объективными фак-



тами и носить дифференцированный характер применительно к судну, фракту и грузу.

Особое значение для общей аварии приобретает морская оценка обстоятельств чрезвычайности ситуации - сопоставление опасности и невозможность ее предотвращения без причинения убытков, а также учет характера возникшей опасности и понесенных убытков. Записи, произведенные в судовом журнале, должны свидетельствовать о разумности оценки сложившихся условий мореплавания, а также, что особенно важно, субъективного восприятия капитаном объективных факторов. Капитан судна по своим профессиональным качествам должен обладать так называемой специальной вменяемостью, т.е. принимать объективно правильное волевоe решение в сложных условиях мореплавания.

Именно капитан судна должен оценить, что сложившаяся ситуация для предотвращения опасности требовала поступиться упущенной выгодой, причинить убытки. При этом исходить из того, что возможность претерпеть убытки может иметь место и при недостижении положительного результата.

Конкретные записи в судовом журнале должны быть основанием для обращения к другому документу - аварийной расписке. Прибыв в порт назначения груза, капитан обязан потребовать от получателей аварийную расписку по установленной форме. По своему юридическому смыслу она представляет собой одностороннее заявление грузополучателя, в котором он берет на себя обязательство уплатить долг по общей аварии, которая будет с него причитаться в соответствии с диспашей, составленной диспансером.

Не менее важное значение имеет и такой документ, как морской протест. Во всех случаях, когда во время плавания или стоянки судна произошли какие-либо события, вследствие которых к судовладельцу могут быть предъявлены имущественные требования, капитан обязан сделать заявление о морском протесте.

Заявление о морском протесте делается в условиях защиты прав и законных интересов судовладельца с тем, чтобы доказать, что действительное или предполагаемое повреждение судна или груза произошло в результате непреодолимой силы или таких опасностей и случайностей, за последствия которых перевозчик не отвечает.

В заявлении о морском протесте капитан излагает обстоятельства происшествия и указывает меры, которые были предприняты для обеспечения сохранности груза и судна.

Однако не менее важное значение морского протеста заключается в том, что в нем содержатся первые основные данные об обстоятельствах происшествия. Если грузовладельцы вопреки морскому протесту утверждают иное, то бремя доказывания переходит на них - они обязаны доказать, что описание обстоятельств, сделанное в морском протесте, не соответствует действительности.

Вместе с тем, морской протест не является бесспорным доказательством, и содержание его может быть опровергнуто другими документами. Судовладелец не должен предоставлять никаких иных доказательств, кроме протеста, до тех пор, пока содержание протеста не будет опровергнуто противной стороной.

Таким образом, заявление морского протеста содержит выгодное для судовладельца процессуальное положение.

Итак, надлежащим образом оформленные капитаном судна записи в судовом журнале, морской протест, его действия по требованию от грузополучателя аварийной расписки дают возможность подтвердить правильность мер по обеспечению безопасности судна, груза и обосновать связанные с этим расходы.

## КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ПОРТОВОГО ПРИЧАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ РАСПОРНОГО ТИПА (ЧАСТЬ I)

М.П. Дубровский, А.В. Калюжный

В последние годы получили развитие кинематические методы анализа напряженно-деформированного состояния портовых причальных сооружений, взаимодействующих с грунтовой средой, основанные на разработанной проф. Дубровским М.П. модели смешанного напряженного состояния системы "сооружение - грунт" [1-4].

Новизна разработанных кинематических методов обусловила необходимость изучения и анализа логичности и достоверности результатов их применения, а также эффективности, экономичности и универсальности разработанного расчетного алгоритма и вычислительного аппарата (здесь авторы считают необходимым отметить полезный вклад в разработку и применение последнего канд. техн. наук Ж. Ассафа [5]).

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать качественное и количественное влияние обобщенных перемещений сооружения на напряженное состояние взаимодействующей с ним грунтовой среды, а также вклад предельной и допредельной составляющих бокового давления грунта в величину и характер результирующего давления;
- изучить степень и характер влияния используемых расчетных параметров системы на получаемые результаты;
- определить целесообразные области применения расчетных алгоритмов и программ, реализующих гипотезы о плоских и криволинейных поверхностях скольжения;
- проанализировать влияние на конечный результат точности задания параметра  $\alpha$  используемого в качестве критерия перехода грунта в рассматриваемой точке на контакте с сооружением в предельное напряженное состояние и сравнить его с влиянием точности задания физико-механических характеристик грунтов, определяемых экспериментально.

Численное экспериментирование проводилось с подпорной стенкой высотой 15 м, контактная тыловая грань которой, наклоненная к вертикали под углом  $\alpha_0$ , взаимодействует с песчаной засыпкой, поверхность которой, заг-

руженная распределенной нагрузкой интенсивностью  $q$ , составляет с горизонтом угол  $\beta$ . В процессе моделирования взаимодействия элементов рассматриваемой системы варьировались следующие ее параметры и характеристики:

- параметр  $m$ , отражающий влияние угла контактного трения, в интервале значений  $0 < m = \delta/\varphi < 1$  с шагом 0,25 при  $\alpha_0 = \beta = q = 0$ ;  $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ ;  $\varphi = 30^\circ$ ;

- угол  $\alpha_0$  в интервале значений  $-20^\circ < \alpha_0 < 20^\circ$  с шагом  $10^\circ$  при  $\beta = q = 0$ ;  $m = 0$ ;  $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ ;  $\varphi = 30^\circ$ ;

- угол  $\beta$  в интервале значений  $-20^\circ < \beta < 20^\circ$  с шагом  $10^\circ$  при  $\alpha_0 = q = 0$ ;  $m = 0$ ;  $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ ;  $\varphi = 30^\circ$ ;

- интенсивность нагрузки в интервале значений  $0 < q < 100 \text{ кПа}$  с шагом 20 кПа при  $\alpha_0 = \beta = 0$ ;  $m = 0$ ;  $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ ;  $\varphi = 30^\circ$ ;

- параметр  $\alpha$  в интервале значений  $0,001 < \alpha_a < 0,0025$ ;  $0,005 < \alpha_p < 0,04$  при  $m = 0,5$ ;  $\alpha_0 = 0$ ;  $10^\circ$ ;  $\beta = 0$ ;  $10^\circ$ ;  $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ ;  $\varphi = 30^\circ$ ;

- угол внутреннего трения засыпки в интервале значений  $28^\circ < \varphi < 32^\circ$  с шагом  $1^\circ$  при  $m = 0,5$ ;  $\alpha_0 = \beta = q = 0$ ;  $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ ;

- удельный вес засыпки в интервале значений  $18 \text{ кН/м}^3 < \gamma < 22 \text{ кН/м}^3$  с шагом  $1 \text{ кН/м}^3$  при  $m = 0,5$ ;  $\alpha_0 = \beta = q = 0$ ;  $\varphi = 30^\circ$ .

Отметим, что поскольку влияние указанных параметров на взаимодействие подпорной стенки с грунтовой средой достаточно полно и всесторонне изучено при физическом моделировании подобных сооружений (см., например, работы [6-10] и др.), то в данном случае внимание концентрировалось на "обкатке" разработанных методов при различных физически возможных значениях расчетных параметров и выяснении "чувствительности" к ним примененного математического аппарата. В связи с изложенным при математическом моделировании рассматриваемых систем не был использован усложненный аппарат численного многофакторного эксперимента, а применен более простой подход, когда влияние изменения значений какого-либо одного параметра исследовалось при фиксированных значениях других.

Варьирование характеристик грунта  $\varphi$  и  $\gamma$  в сравнительно узком интервале их значений проводилось для последующего сравнения влияния точности задания этих параметров, определяемых в лабораторных условиях, с влиянием точности задания одного из основных параметров расчетной модели, а именно параметра  $\alpha$  в приведенных выше интервалах значений  $\alpha_a$  и  $\alpha_p$ .

Для всех указанных вариаций исходных параметров определялись зависимости распорного и отпорного давления как от поступательных перемещений

контактной грани сооружения (в интервалах перемещений соответственно, от нуля до  $U_2 = \alpha_2 H$  и от нуля до  $U_2 = -\alpha_2 H$ ), так и от величины поворота (угла  $\rho$  с вертикалью) контактной грани стенки от грунта засыпки и на грунт для двух гипотез о форме поверхности скольжения (плоской и криволинейной).

Результаты первых четырех серий численного эксперимента (при варьировании  $m, \alpha_0, \beta, q$ ) позволяют оценить логичность и достоверность получаемых зависимостей "E - u" и "E -  $\rho$ ", а также их соответствие физической сущности рассматриваемого явления. Серии вычислений с пятой по седьмую предназначены, в основном, для оценки влияния точности задания параметра  $\alpha$  на точность получаемых конечных результатов (что весьма важно для реализуемой расчетной модели) и для сравнения этой оценки с влиянием точности задания определяемых в лабораторных условиях характеристик грунтов  $\Phi$  и  $\gamma$ .

Как показывают выполненные расчеты, зависимости предельной  $E_c$  допредельной  $E'$  составляющих бокового давления, а также их результирующей  $E$  от обобщенных перемещений сооружения во всех рассмотренных случаях имеют криволинейный характер (это иллюстрируется графиками на рис. 1-3, полученными для распорного и отпорного давления как при плоских, так и при криволинейных поверхностях скольжения). Эти зависимости не противоречат физическому смыслу рассматриваемого явления и соответствует логике принятой расчетной модели. Допредельная составляющая в начальный момент рассматриваемого процесса, т.е. при неподвижной стенке ( $U = 0$ ), совпадает с давлением грунта в состоянии покоя, затем по мере увеличения смещений сооружения ее значение уменьшается (за счет перехода части грунта в предельное напряженное состояние) и при смещениях  $U = U_2 = \alpha H$ , когда весь грунт, взаимодействующий с контактной гранью стенки, переходит в предельное состояние, становится равным нулю. Предельная составляющая давления, имеющая нулевое значение при неподвижной стенке, возрастает с увеличением смещений сооружения и при предельных смещениях  $U_2$  достигает максимального значения - активного или пассивного давления. Результирующее давление  $E$  в каждой точке графика "E - u" представляет собой векторную сумму составляющих  $E'$  и  $E_c$ . Значение  $E$  в соответствии с вышеописанными особенностями зависимостей "E' - u" и "E<sub>c</sub> - u" изменяется от значения давления грунта в состоянии покоя до значения максимального давления грунта в предельном напряженном состоянии, т.е. уменьшаясь до активного при смещениях сооружения от грунта либо увеличиваясь до пассивного при движении стенки на грунт.

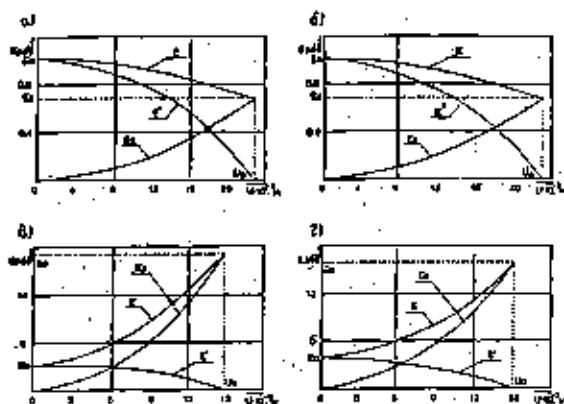


Рис.1. Зависимости результирующего ( $E$ ) бокового давления грунта и его предельной ( $E'$ ) и допредельной ( $E''$ ) составляющих от поступательного перемещения сооружения в направлении от грунта (а,б) и на грунт (в,г):

а,в - при плоских поверхностях скольжения;

б,г - при криволинейных поверхностях скольжения

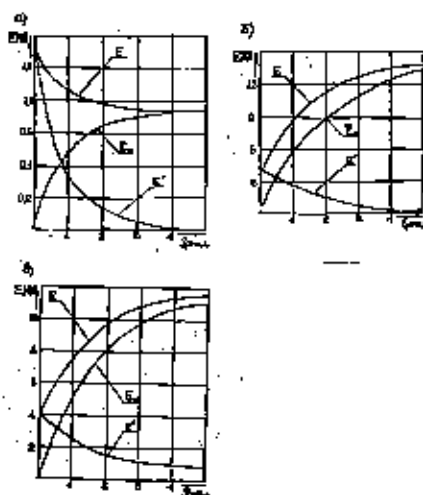


Рис.2. Зависимости результирующего ( $E$ ) бокового давления грунта и его предельной ( $E'$ ) и допредельной ( $E''$ ) составляющих от поворота стенки относительно её низа в направлении от грунта (а) и на грунт; б - при плоских поверхностях скольжения; в - при криволинейных поверхностях скольжения ( $m=0.75$ )

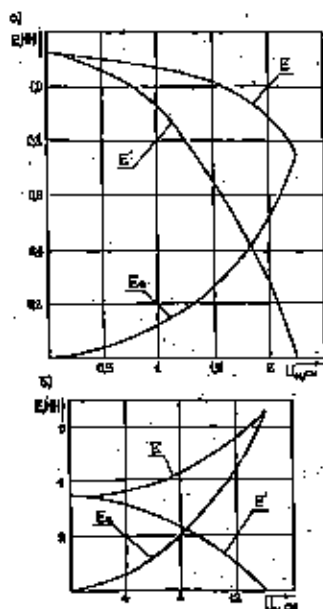


Рис.3. Зависимости бокового давления грунта на сооружение от угла поворота относительно совмещенного с поступательной компонентой перемещения ( $U_0$ )

а - распорное давление при  $U_0 = 0,2 \text{ см}$ ;

б - распорное давление при  $U_0 = 1,5 \text{ см}$ .

Сопоставление графиков зависимости бокового давления грунта от обобщенных перемещений сооружения (например, рис.1 и 2) позволяет сделать важный вывод о существенном качественном и количественном влиянии вида обобщенного перемещения. Так, при поступательном смещении график "E -  $\alpha$ " обращен выпуклостью вверх для распорного давления и вогнутостью вверх для отпорного давления (при любой форме поверхности скольжения). При наклоне же стенки от вертикали (поворот относительно нижней оси сооружения) качественный характер графиков изменяется: кривая зависимости "E -  $\rho$ " обращена вогнутостью вверх для распорного давления и выпуклостью вверх для отпорного давления (также при любой форме поверхности скольжения). Как следует из многочисленных известных данных экспериментальных исследований (например, работы [6-10] характерными для исследованных моделей и сооружений являются зависимости, по добные полученным нами для стенок, перемещающихся с наклоном относительно вертикали (см. рис.2). Интересно отметить, что и в опытах с поступательно перемещающи-

мися моделями подпорных стенок также получены зависимости такого же характера [6, 10]. Кажущееся противоречие объясняется условиями проведения экспериментов: даже при всей тщательности их постановки ввиду конечной жесткости (или податливости) опорных устройств идеально поступательного перемещения модели достигать не удавалось. Всегда отмечались некоторые различия в смещениях верха и низа модели (особенно при ступенчатом и поэтапном приложении поверхностной нагрузки к засыпке), что вызывало незначительный, но влияющий на боковое давление наклон контактной грани модели. Учитывая, что и в натуральных условиях не приходится ожидать идеально поступательных перемещений сооружений, взаимодействующих с грунтовой средой (особенно сооружений, расположенных на некальных грунтах основания), то можно заключить, что при расчетах нагрузок от бокового давления грунта необходимо учитывать составляющую перемещения, обусловленную наклоном контактной грани на грунт или от него.

Зависимости бокового (распорного и отпорного) давления грунта от обобщенного перемещения сооружения при повороте последнего относительно верхней оси, совмещенном с небольшой поступательной компонентой перемещения (а при "чистом" повороте относительно верха напряженное состояние может быть только однородным - допредельным, если  $\operatorname{tg} \rho < \alpha$ , и предельным, т.е. активным либо пассивным, если  $\operatorname{tg} \rho > \alpha$ , что обусловлено постоянством отношения  $U(Z)/Z$  по всей высоте контактной грани стенки), подобны зависимостям "E - u" (рис. 3). Это связано с тем, что при малых углах поворота ( $\operatorname{tg} \rho < \alpha$ ) образование и развитие зоны предельного напряженного состояния определяется только поступательной компонентой перемещения. Этот вывод справедлив только для стенок с жесткой контактной гранью. При деформациях же гибких стенок условие  $u(Z)/Z = \text{const}$  соблюдаться не будет и напряженное состояние будет неоднородным.

Следует также отметить, что характер зависимости результирующего распорного давления грунта от обобщенного перемещения сооружения (рис. 1, а, б и 2, а) аналогичен характеру зависимости от обобщенного перемещения допредельной составляющей, в то время как такая зависимость для результирующего отпорного давления (рис. 1, в, г и 2, в) аналогична по характеру зависимости от обобщенного перемещения предельной составляющей давления.

Отметим также качественное подобие графиков зависимостей "давление - перемещение" (см. рис. 1, 2), соответствующих гипотезам о плоских и криволинейных поверхностях скольжения. Количественные различия при использовании этих гипотез практически не проявляются при рассмотрении распорного давления, но вполне ощутимы для случаев образования отпорного давления, особенно при значениях угла контактного трения близких к значениям угла внутреннего трения. Здесь уместно упомянуть, что известные экспериментальные исследования указывают на возможность использования



любых форм поверхностей скольжения при оценке распорного давления, но свидетельствуют в пользу криволинейных поверхностей при определении отпорного давления. В связи с этим в дальнейшем при анализе распорного давления будем использовать, в основном, результаты вычислений по плоским поверхностям скольжения, а при анализе отпорного давления - расчеты по криволинейным поверхностям.

Рассмотрим влияние основных расчетных параметров системы "сооружение - грунтовая среда" на качественные и количественные характеристики напряженного состояния грунта и, соответственно, на нагрузки, передаваемые им на сооружение в виде бокового давления. На графиках рис.4,5 приведены зависимости "E - u" (при различных значениях параметра  $m$ ) и "E - m" (при различных значениях перемещений), которые позволяют оценить влияние в принятой расчетной модели угла контактного трения на качествен-

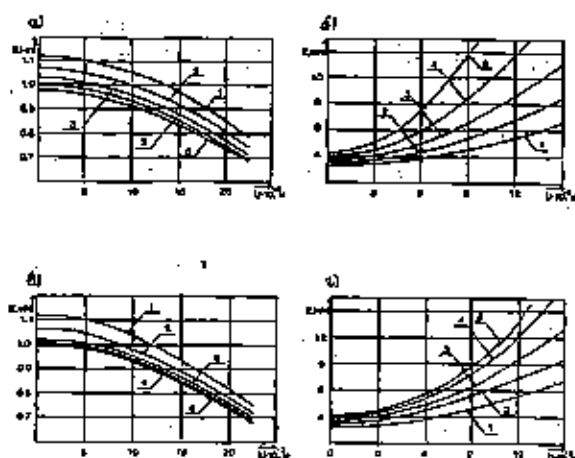


Рис.4. Зависимости бокового давления грунта от поступательного перемещения сооружения при образовании: распорного(а) и отпорного(б) давления при плоских поверхностях скольжения; распорного(в) и отпорного(г) давления при криволинейных поверхностях скольжения для различных значений параметра  $m$ ;

а, б - графики 1,2,3,4,5 соответствуют значениям параметра  $m = \delta/\varphi = 0; 0.25; 0.5; 0.75; 1.0$ ;

в, г - графики 1,2,3,4,5 соответствуют значениям параметра  $m = \delta/\varphi = 0; 0.25; 0.5; 0.75; 1.0$

ные и количественные показатели напряженного состояния системы "сооружение - грунтовая среда". Как следует из графиков на рис. 4,а и 4,в, в начальной стадии перемещений сооружения от грунта засыпки влияние угла

контактного трения (или параметра  $m$ ) больше в абсолютных величинах, чем в конце интервала  $[0; U_p]$ , в то же время относительная разница между значениями распорного давления в начале и в конце этого интервала сохраняется примерно одинаковой. Обратная картина наблюдается при перемещении сооружения на грунт (рис. 4, б и 4, г): в начале интервала  $[0; U_p]$  влияние угла  $\delta$  в абсолютных величинах меньше, чем в его конце; еще одно отличие заключается в том, что и относительная разница между значениями опорного давления в начале и конце рассматриваемого интервала не остается постоянной - при давлении, близком к давлению покоя, она в несколько раз меньше, чем при давлении, приближающемся к пассивному.

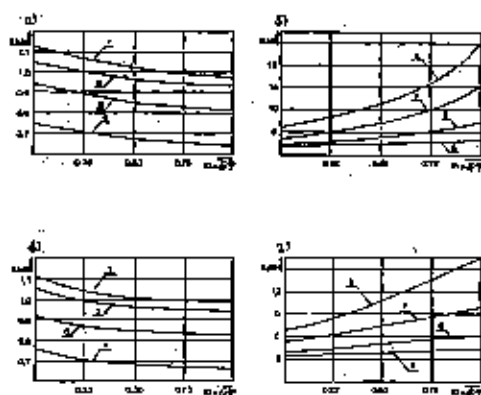


Рис. 5. Зависимости бокового давления грунта на сооружение от параметра: при образовании распорного (а), (в) и опорного (б), (г) давления при плоских поверхностях скольжения и при криволинейных поверхностях скольжения и при поступательном перемещении сооружения.

1, 2, 3, 4 и 5, 6, 7, 8 - графики, соответствующие значениям перемещения сооружения 2,25; 9,0; 15,75; 22,5 и 15,0; 60,0; 105,0; 150, 0мм

Отмеченные особенности графиков "E - U" свойственны как для схем, основанных на гипотезе о плоских поверхностях скольжения, так и для схем, реализующих гипотезу о криволинейных поверхностях. В то же время, если для этих обеих гипотез количественные параметры рассматриваемых графиков для распорного давления практически совпадают во всем интервале варьируемых значений угла  $\delta$ , то разница в значениях опорного давления при плоских и криволинейных поверхностях весьма велика (достигает в рассмотренных случаях полутора - двух раз) при значениях параметра  $m$  близких к единице (при малых  $m$  форма поверхности скольжения существенного

влияния не оказывает). Уместно отметить, что при определенных значениях углов  $\alpha_0$  и  $\beta$  указанная разница в значениях отпорного давления, обусловленная различием в форме поверхности скольжения, при углах  $\delta$  близких к углу  $\varphi$  становится еще больше и достигает нескольких раз.

Ввиду ограниченности объема статьи анализ влияния других исследуемых параметров системы будет приведен в последующих публикациях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровский М.П. Определение бокового давления грунта на подпорную стенку с учетом кинематики сооружения. Основания, фундаменты и механика грунтов. 1994. N 2 С. 5-9.
2. Дубровский М.П. Определение бокового давления грунта на подпорные стенки при неплоских поверхностях скольжения с учетом кинематических факторов. Основания, фундаменты и механика грунтов. 1997. N 1. С. 3-7.
3. Doubrovsky M.P. Numerical modelling of soil// Structure interaction. Proceedings of XI European Conference on Soil Mechanics & Foundation Engineering, Copenhagen, Denmark, Bulletin 11. Vol. 6. 1995. P. 102-108.
4. Doubrovsky M.P. et al. Determination of soil lateral pressure loads on a retaining wall taking into consideration its displacements and deformations. Proceedings of the 14-th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Hamburg. 1997. Volume 2. P. 795 - 798.
5. Дубровский М.П., Ассаф Ж. Программа определения бокового давления грунта на подпорную стенку как функции от ее перемещений при плоских и криволинейных поверхностях скольжения. Нелинейная механика грунтов. Под ред. А.Б. Фадеева. Труды IV Российской конференции с иностранным участием // Том 2. С-Пб, 1993. - С. 92-99.
6. Варгин М.Н. Исследование зависимости давления водонасыщенного грунта от смещений подпорной стенки// Гидротехническое строительство, - 1968 - № 12. С. 11-14.
7. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих тел. - М.: Стройиздат, 1977. - 275 с.
8. Лубенов Р.В. Давление грунта на вертикальную стенку при повороте ее вокруг верхней оси// Гидротехника. Выпуск 3. - М.: Транспорт. - 1964. - С. 86-96.
9. Лубенов Р.В., Яковлев П.И. Влияние поступательного перемещения вертикальной стенки на величину распорного давления грунта и на его напряженное состояние// Гидротехника. Выпуск 3. - М.: Транспорт. - 1964. - С. 5-22.

10. *Яковлев П.И., Лубенов Р.В. Некоторые результаты экспериментальных исследований давления грунта на жесткие стенки// Гидротехническое строительство. - 1968. - № 7. - С. 43-46.*

## РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ПОРТОВОЙ ГИДРОТЕХНИКИ

П.И. Яковлев, О.В. Ладур

В случаях расчета откосов, и в частности откосов гидротехнических сооружений (расчет устойчивости подпричального откоса набережной-эстакады; откосы, ограничивающие основания гидротехнических сооружений; расчеты, связанные с производством дноуглубительных работ вблизи существующих сооружений; откосы берегоукреплений; откосы дамб и т.д.), расчет устойчивости по круглоцилиндрическим или ломаным (фиксированным) поверхностям, в большинстве случаев, является основным методом расчета устойчивости, т.к. применение строгих с математической точки зрения и, вместе с тем, достаточно трудоемких решений В.В. Соколовского и С.С. Голушкевича [1;2] к таким откосам либо вовсе невозможно, либо затруднительно, особенно в связи с необходимостью количественной оценки надежности сооружений. Поэтому, решение о степени надежности откосов сооружений целесообразно принимать лишь после того, как выполнены расчеты по этим методам, либо по методам, основанным на технической теории предельного напряженного состояния (ТПНС) [3;4], в которой получены инженерные решения для многих часто встречающихся в строительной практике случаев.

В настоящей статье, учитывая современное состояние механики сыпучей среды, предлагается использовать в расчетах устойчивости откосов при фиксированных поверхностях скольжения элементы технической теории предельного напряженного состояния (ТПНС) [3-6].

Известно много способов и накоплен значительный опыт использования метода круглоцилиндрических или ломаных поверхностей скольжения при расчете устойчивости гидротехнических сооружений [7-9].

Однако, строгое теоретическое обоснование этих методов расчета отсутствует. В частности, ни в одном из известных способов теоретически не обосновывается разбивка отсека обрушения на "затвердевшие" элементы с вертикальными гранями, так же как и нет обоснованного анализа о направлении сил взаимодействия по граням этих элементов. В то же время при отсутствии теоретического обоснования техника расчета по этим методам достигла предельного совершенства.

Так как экспериментальные исследования и анализ аварий показывают, что в момент обрушения поле деформаций как по величине, так и по направлению смещения частиц весьма сложно и противоречит модели "затверде-

шего" массива или "затвердевших" элементов, то принятое в статье решение, основанное на использовании в теории предельного напряженного состояния предпосылки о наличии относительных сдвигов частиц, более правдоподобно и универсально.

Исходя из этой теории, во всех точках рассматриваемой области обрушения предполагается предельное напряженное состояние, и в каждой из точек возникают две площадки скольжения, пересекающиеся между собой под углом  $(90^\circ \pm \varphi)$ , где  $\varphi$  - угол внутреннего трения грунта.

Используя элементы ТТПНС, отсек обрушения, очерченный по предварительно найденной экстремальной поверхности [10;11], разбивается на отдельные элементы, границами каждого из которых являются участки ломаной поверхности скольжения или отдельные хорды круглоцилиндрической поверхности и площадка, наклоненная под углом  $(90^\circ \pm \varphi)$  к этой плоскости.

Силы, действующие на тело обрушения в состоянии предельного равновесия в предположении сдвига грунта по круглоцилиндрической или ломаной поверхностям показаны на рис. 1,а и 2,а.

Использование элементов ТТПНС позволяет однозначно определить направление всех сил: на всех площадках скольжения они отклоняются на угол внутреннего трения  $\varphi$ . Многоугольник этих сил показан на рис. 1,б и 2,б.

Статическая часть задачи сводится к нахождению  $\varphi_k$  и  $c_x$  ( $\varphi_k$  и  $c_x$  - критические значения угла внутреннего трения и удельной силы сцепления), при которых тело обрушения будет находиться в состоянии предельного равновесия. Определив эти величины, можно определить коэффициент запаса устойчивости откоса [7;8]

$$R_s = \frac{tg \varphi_d}{tg \varphi_k} = \frac{c_d}{c_k} \quad (1)$$

Таким образом, суть предлагаемого метода заключается в последовательном рассмотрении равновесия каждого выделенного элемента и путем изменения величин  $\varphi_d$  и  $c_d$  ( $\varphi_d$  и  $c_d$  - действительные значения угла внутреннего трения и сцепления) доведение отсека обрушения до состояния предельного равновесия.

Доведение тела обрушения до состояния предельного равновесия можно выполнить либо графически [3;4;7;8] (последовательным построением силовых многоугольников, показанных на рис. 1,б и 2,б), либо аналитически [3;4], а также по формуле

$$S_i = \frac{G_i \sin(\alpha_i - \varphi) + n l_{ii} \sin(\alpha_i - \varphi - \beta) + S_{i-1} \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i + \varphi)}{\cos \varphi} \quad (2)$$

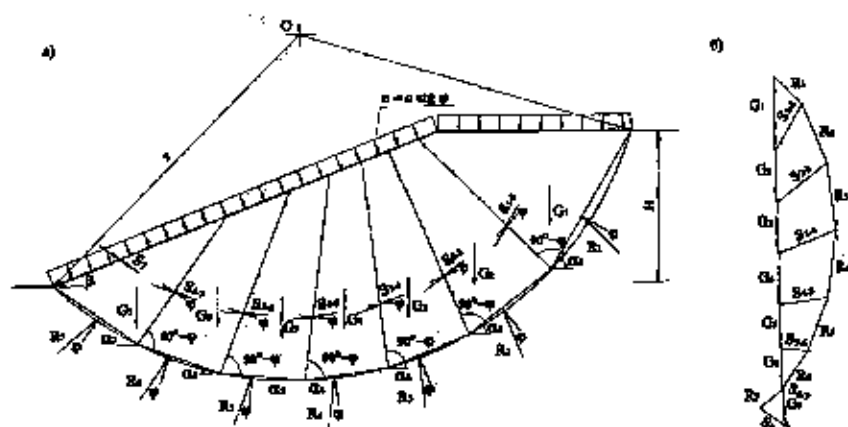


Рис. 1. Схема расчета устойчивости откоса по круглоцилиндрической поверхности на основе использования элементов технической теории предельного напряженного состояния

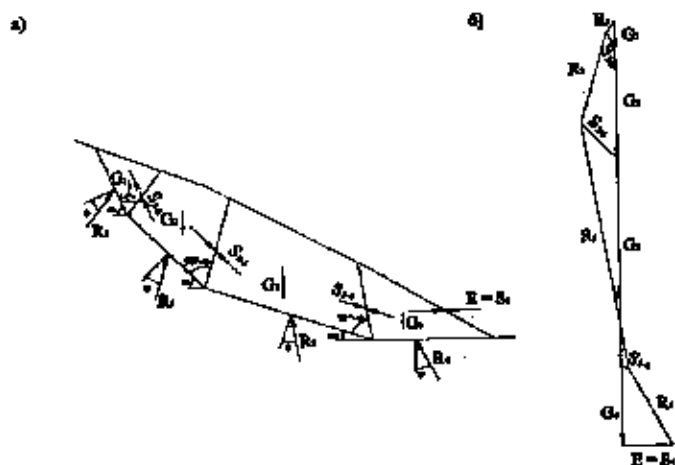


Рис. 2. Схема расчета устойчивости откоса по ломанной поверхности на основе использования элементов технической теории предельного напряженного состояния

В предлагаемом методе, как и в работах [7;8] использован метод последо-

вательных приближений: задаваясь текущим значением  $\varphi$ ,  $c$  (в пределах между  $\varphi_d$  и  $c_d$  и неизвестными искомыми значениями  $\varphi_x$  и  $c_x$ ) определяется приложенная к нижнему элементу фиктивная сила, приводящая тело обрушения в состояние предельного равновесия. Последовательными расчётами находят значения  $\varphi$ ,  $c$  (они принимаются за  $\varphi_x$  и  $c_x$ ), при которых эта фиктивная сила равна нулю. Зная  $\varphi_x$ ,  $c_x$  и  $\varphi_{x_0}$ ,  $c_{x_0}$  по известным приёмам, например, построением соответствующих графиков [7;8], находится, как было указано выше, коэффициент запаса устойчивости откоса.

Предлагаемый метод расчета проиллюстрируем численными примерами.

1. Обрушение грунта происходит по круглоцилиндрической поверхности (рис. 1).

Однородный связный откос с заложением  $m = 2.5$  и высотой  $H = 15$  м. имеет следующие физико-механические характеристики:  $\gamma = 20$  кН/м<sup>3</sup>,  $\varphi_d = 15^\circ$ ,  $c_d = 10$  кПа.

Данный пример ранее был решен Н.Н. Масловым и величина коэффициента запаса, полученная им по методу горизонтальных сил и методу проекций, составила 1.36 и 1.37, соответственно [9].

Рассмотрим решение этой задачи по предлагаемому методу. Тело обрушения разобьем на 7 элементов (рис. 1,а), и задавшись коэффициентом запаса 1.0; 1.5 и 1.9, находим внешнюю фиктивную силу  $E = S_7$ . При этом, соответственно, получаем: - 2034 кН., - 378 кН. и 433 кН. Построив график  $E = f(R_3)$ , находим, что величина коэффициента запаса заданного тела обрушения равняется 1.675.

2. Сдвиг грунта происходит по ломаной поверхности (рис. 2).

Однородный сыпучий откос (рис. 2,а) имеет следующие физико-механические характеристики:  $\gamma = 16$  кН/м<sup>3</sup>,  $\varphi_d = 28^\circ 30'$ . Данный пример был решен Р.Р. Чуласым методом горизонтальных сил ( $\theta = 0$ ) и методом наклонных сил ( $\theta = 0.5\rho$ ), и величины коэффициента запаса, полученные им по этим методам, составили 1.21 и 1.27, соответственно [8].

При решении этой задачи по предлагаемому методу тело обрушения разбиваем на 4 элемента (рис.2,а), и, задавшись коэффициентом запаса 1.0; 1.2 и 1.4, находим внешнюю фиктивную силу  $E = S_4$ . При этом, соответственно, получаем: -2113 кН.; -754 кН. и 145 кН. Построив график  $E = f(R_3)$ , находим, что величина коэффициента запаса заданного тела обрушения равняется 1.36.

В таблице 1 приведем результаты расчетов по этим и по некоторым другим методам.

Предлагаемый метод позволяет при расчете устойчивости откосов учитывать также слоистость грунта, сейсмические и фильтрационные силы.

Разработанные для инженерных расчетов рекомендации следует признать теоретически более обоснованными, базирующимися на использовании элементов общепризнанной теории предельного напряженного состояния.



Таблица 1 - Сравнение результатов расчета различными методами

№ п/п	Метод расчета	Величина коэффициента запаса, $R_z$	
		Пример 1. (однородный связный грунт)	Пример 2. (однородный сыпучий грунт)
1	Предлагаемый метод	1.675	1.360
2	Метод горизонтальных сил Маслова - Берера	1.360	1.169
3	Метод проекций Маслова	1.370	
4	Способ "вессового давления" Чугаева	1.648	
5	Способ Терцаги	1.500	1.248
6	Способ Вяземского и Ягодина		1.313
7	Способ горизонтальных сил ( $\theta = 0$ )	1.450	1.210
8	Способ наклонных сил ( $\theta = 0,5\rho$ )		1.270
9	Способ предельно-наклонных сил ( $\theta = \rho$ )	1.800	1.402

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голушкевич С.С. Статика предельных состояний грунтовых масс. - М.: Гостехиздат, 1957.-286 с.
2. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. - М.: Физматгиз, 1960, -243 с.
3. Яковлев П.И. Исследование и разработка методов расчета портовых гидротехнических сооружений на основе технической теории предельного напряженного состояния грунтовой среды: Автореф. дис. д-ра техн. наук. - Л., 1981. - 40 с.
4. Яковлев П.И. Устойчивость транспортных гидротехнических

сооружений. – М.: Транспорт, 1986. – 191 с.

5. Яковлев П.И. Несущая способность и устойчивость однородных оснований и откосов при наличии или отсутствии сейсмических воздействий. – М.: В/о «Мортехинформреклама», 1983. – 74 с.

6. Яковлев П.И., Бибичков А.Г., Бибичков А.А. Взаимодействие сооружений с грунтом. – М.: Недра, 1997. – 464 с.

7. Чугаев Р.Р. Расчет устойчивости земляных откосов и бетонных плотин на нескальном основании по методу круглоцилиндрических поверхностей обрушения. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 144 с.

8. Чугаев Р.Р. Расчет устойчивости земляных откосов по методу плоских поверхностей сдвига грунта. – М.: Энергия, 1964. – 178 с.

9. Маслов Н.Н. Прикладная механика грунтов. – М.: Недра, 1964. – 163 с.

10. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. – М.: Высшая шк., 1968. – 629 с.

11. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. – М.: Высшая шк., 1985. – 352 с.

## СОВМЕСТНЫЙ УПРУГОВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПЛИТЫ И ОСНОВАНИЯ ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ

В. А. Гришин, И. Г. Бугаева, С. В. Бугаева

Полагаем, что деформации происходят при малых удлинениях, сдвигах, углах поворота и имеет место постулат суммирования упругой и вязкопластической скоростей деформаций

$$\dot{e}_{ks} = \dot{e}_{ks}^{(e)} + \dot{e}_{ks}^{(vp)} \quad (1)$$

Соотношения между скоростями деформации и перемещений определяются как

$$\dot{e}_{ks} = \frac{1}{2} \left( \dot{u}_{k,s} + \dot{u}_{s,k} \right) \quad (2)$$

Компоненты тензора скоростей упругой деформации находятся по формуле

$$\dot{e}_{ks}^{(e)} = C_{ksmn}^{(e)} \dot{\sigma}_{mn} \quad (3)$$

Для определения скоростей вязкопластических деформаций  $\dot{e}_{ks}^{(vp)}$  предполагаем, как и в [1], что вязкие свойства материала плиты и основания проявляются только в пластических областях, т.е.

$$\dot{e}_{ks}^{(vp)} = \gamma \langle \Phi(f) \rangle f_{, \sigma_{ks}} \quad (4)$$

Поэтому в (4) статическая поверхность текучести  $f$  является функцией

$\sigma_{ks}, e_{ks}^{(vp)}$ , а  $\Phi(f)$  отлична от нуля только при  $f > 0$ . Из (4) следует, что скорость вязкопластической деформации направлена по нормали к поверхности  $f$ . Различные варианты функций  $f$  и производных от нее приведены в [2].

Для определения приращений деформации на временной оси выбираем множество точек  $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$  и на интервале  $\Delta t_j$  находим

$$\Delta e_{ks}^{(vp)} = e_{ks}^{(vp)(j+\theta)} \Delta t_j, \quad (5)$$

где  $0 \leq \theta \leq 1$ ,  $j+\theta$  означает, что  $e_{ks}^{(vp)}$  вычисляется в момент времени  $t = t_j + \theta \Delta t_j$ .

Разлагая в правой части (5) скорость деформации в ряд Тейлора, делая преобразования, получаем

$$\Delta e_{ks}^{(vp)j} = \left[ \Phi(f) f_{,\sigma_{ks}} + \theta B_{ksmn}^j \Delta \sigma_{mn}^j \right] \gamma \Delta t_j, \quad (6)$$

где

$$B_{ksmn}^j = \Phi(f)_{,\sigma_{mn}^j} f_{,\sigma_{ks}^j} + \Phi(f)_{,\sigma_{ks}^j} \sigma_{mn}^j. \quad (7)$$

Используя (1), (3), (6), определяем

$$\Delta \sigma_{ks}^j = \left[ \left( D_{ksmn}^{(e)} \right)^{-1} + A_{mnks}^j \right]^{-1} \left( \Delta e_{mn}^j - e_{mn}^{(vp)j} \Delta t_j \right), \quad \text{если } f > 0,$$

$$\Delta \sigma_{ks}^j = D_{ksmn}^{(e)j} \Delta e_{mn}^j, \quad \text{если } f \leq 0, \quad (8)$$

где

$$A_{mnks}^j = \gamma \theta \Delta t_j B_{mnks}^j.$$

Для определения исходных уравнений использовалось уравнение виртуальных работ в приращениях напряжений, деформаций и перемещений

$$\int_V (\Delta \sigma_{ks}^j \delta \Delta e_{ks}^j - \Delta F_S^j \delta \Delta u_S^j) dV - \int_S \Delta q_S^j \delta \Delta u_S^j dS = 0 \quad (9)$$

Подставляя в (9) формулы (2), (6) и (8), получаем соотношение, в котором неизвестным являются приращения перемещений.

Применяя к (9) процедуру метода конечных элементов [3], определяем систему алгебраических уравнений в момент времени  $t_j$ , когда плита и основание находятся в равновесном состоянии

$$K^j \Delta u^j = \Delta P^j, \quad (10)$$

где  $K^j$  - глобальная матрица жесткости, полученная для  $t_j$ .

При дискретизации и линеаризации исходных уравнений допускаются погрешности, а также неточности вычислений при решении системы (10), поэтому в уравнениях равновесия не будут точно выполняться равенства, т.е. будет наблюдаться невязка

$$\varepsilon(u^j) = K^j u^j - P^j. \quad (11)$$

Необходимо, чтобы в стабилизированном равновесном состоянии эта невязка была меньше наперед заданной малой величины  $\varepsilon_0$ . Для этого строится итерационный процесс

$$u^{j+1} = u^j - A_j^{-1} \varepsilon(u^j), \quad j=1,2,\dots, \quad (12)$$

который заканчивается при

$$\frac{\sum_{i=1}^N e_i^{(vp)(j+1)} \Delta l_{j+1}}{\sum_{i=1}^N e_i^{(vp)(j)} \Delta l_j} \leq \varepsilon_0 \quad (13)$$

В (12) можно принять  $A_j = K^j$ , получаем метод касательных жесткостей, или  $A_j = K^0$  - метод начальных жесткостей.

### Пример

На балку, показанную на рисунке, вначале действует нагрузка  $q^1$ , возрастающая от нуля до 1 МПа, затем она остается постоянной и начинает действовать нагрузка  $q^2$ , возрастающая от нуля до 1 МПа. Заданы следующие данные для плиты:  $E_p = 25000$  МПа,  $\mu = 0.2$ ,  $\sigma_p = 1.5$  МПа,  $\sigma_c = 15$  МПа,  $l = 2$  м,  $h = 0.5$  м, в качестве функции нагружения  $f$  использовалось условие Гсниева [2]; для оснований:  $E_o = 38$  МПа,  $\mu = 0.4$ ,  $c = 0.034$  МПа,  $\varphi = 25^\circ$ , в качестве  $f$  использовалось условие Кулона-Мора.

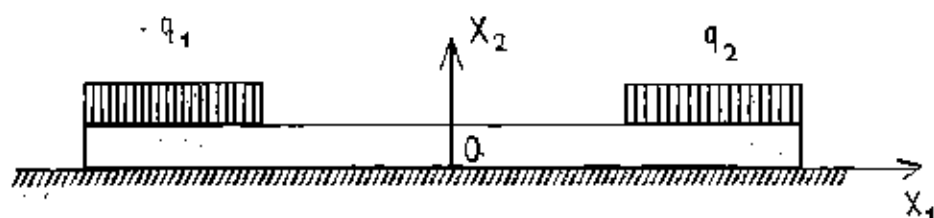
Всего было выполнено 11 приращений нагрузки. Устойчивость решения зависит от параметра  $\theta$  в (5). Поэтому были выполнены вычисления при  $\theta = 0$  (показано под номером I),  $\theta = 1$  (под номером II) и  $\theta = 0.5$ . Результаты при  $\theta = 0.5$  занимают промежуточное положение между I и II и на рисунке не показаны. Приведенные на рисунке эпюры перемещений и контактных напряжений соответствуют стабилизированному состоянию плиты и основания. Время достижения этого состояния при  $\theta = 0$  равно 164 суткам, а при  $\theta = 1$  - 351 суткам. На последнем этапе нагружения для достижения стабилизации необходимо было сделать в (12) при  $\theta = 0$  116 итераций, а при  $\theta = 1$  только 38.

Если бы нагрузки  $q^1$  и  $q^2$  изменялись одновременно пропорционально времени, то эпюры на рисунке должны были быть симметричными относительно оси  $Ox_2$ . При непропорциональном (сложном) нагружении, как видно из приведенных эпюр, симметрия нарушается. Так, например, прогибы левого конца балки имеют большую величину, чем ее правого конца.

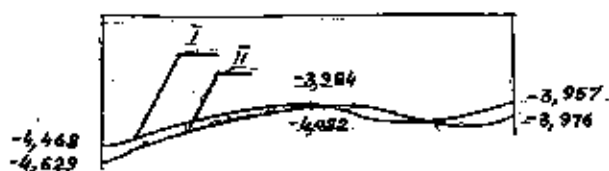
Резких колебаний значений прогибов и напряжений от величины параметра  $\theta$  не наблюдалось. Но время достижения стабилизированного состояния очень сильно зависит от его величины.

Наиболее надежные результаты получаются при устойчивом процессе ре-

шения, т.е. при  $\theta = 1$ .



$U_2$  по I - I



$\sigma_{22}$  по I - I

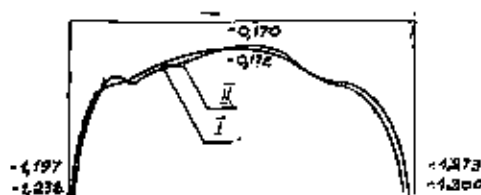


Рис.1. а) расчетная схема; б) эпюра вертикальных перемещений; в) эпюра контактных напряжений

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пэжина П. Основные вопросы вязкопластичности. - М.: Мир, 1968. - 176 с.
2. Гришин В.А., Бугаев В.Т. Упругопластические контактные задачи. - Одесса, 1996. - 91 с.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. - М.: Мир, 1975. - 541с.

## АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПО КОНТУРУ ПОГРУЖЕННОЙ ЧАСТИ ПЛАВАЮЩЕЙ МАШИНЫ

С. В. Бугасв

Эффективность применения плавающих машин на воде, как известно, определяется полнотой использования водоизмещения машины, а также её скоростными характеристиками. Исследования последних лет [1,2,3,4,5,6,7], проводимые как у нас в стране (ОГМУ, КИСВ), так и за рубежом (НИИ-21, ЦНИИТМ и др.), констатируют факт о недостаточном полном соответствии существующего представления о гидродинамическом взаимодействии плохо обтекаемой погруженной части плавающей машины с водой при ее прямолинейном установившемся движении.

Существующая невязка выражается в возникновении и быстром развитии при увеличении скорости ходового дифферента, который вызывает значительное увеличение сопротивления движению машины, заливание приборов наблюдения, а при особо неблагоприятных условиях может привести и к полному ее затоплению.

С целью определения качественной картины распределения давления по поверхности погруженной части корпуса плавающей машины, вызванного воздействием потока, автором были проведены аэродинамические исследования модели плавающей машины.

Исследования проводились в аэродинамической лаборатории кафедры "Теория и проектирование корабля" ОГМУ.

В качестве объекта исследований была принята модель дублированной подводной части колесной машины ГАЗ 59 ОЗ (БТР-80) (рис.1).

Модель выполнялась в масштабе 1:15 и имела следующие геометрические размеры : длина - 420 мм, ширина - 160 мм, средняя высота погруженной части - 64 мм, диаметр колес - 43 мм.

Корпус модели выполнен из плотного пенопласта, внутрь которого по линиям равномерно распределенных продольных сечений корпуса (0 мм; 39 мм; 62 мм) устанавливались приёмники давления. Соединение с манометрами осуществлялось гибкими полипропиленовыми трубками.

Исследуемая модель крепилась при помощи державки к тензометрическому динамометру круговых продувок, который представляет собой вытянутую в вертикальном направлении конструкцию. Измерительная часть динамометра основана на применении упругих шарниров и пред-



ставляет собой единую упругую систему, устойчивую к вибрациям.



*Рис. 1. Экспериментальная модель*

В качестве измерительных приборов применялись микроманометры типа ММН-240 (5), используемые для аэродинамических исследований на кафедре "Теория и проектирование корабля" ОИМУ.

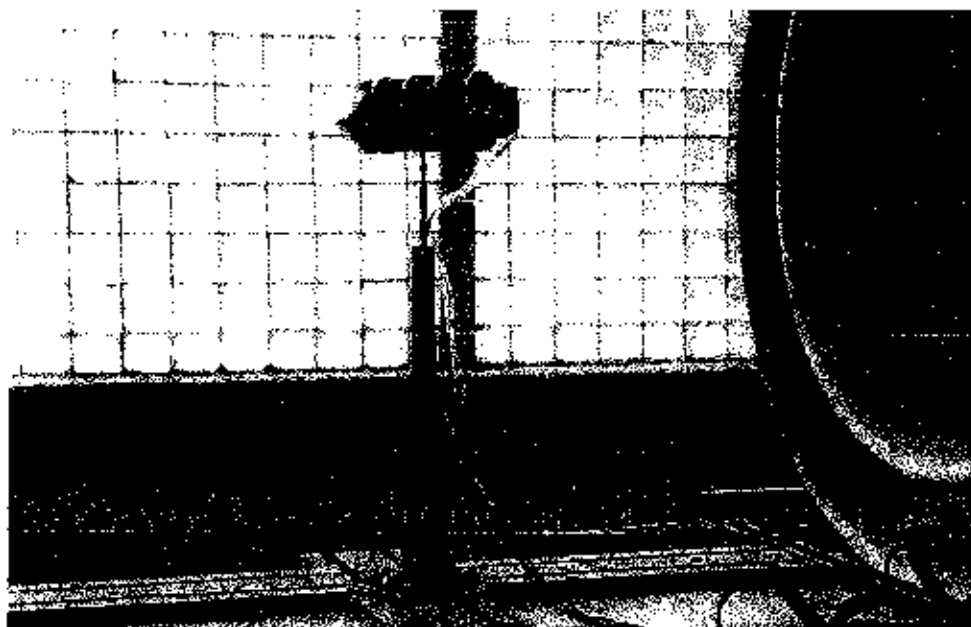
Перед проведением каждого из экспериментов модель плавающей машины, прикрепленная к державке, устанавливалась в штангу трехкомпонентного тензометрического динамометра и фиксировалась в ней при помощи крепежного приспособления. Штанга динамометра имела поворотный узел, позволяющий изменять угол установки исследуемой модели относительно потока воздуха. Исследования осуществлялись по схеме однофакторного эксперимента. Опыты проводились в режиме автоматического обтекания исследуемой плавающей машины (рис. 2).

В ходе эксперимента определялись величины возникающих давлений, воздействующих на подводную часть корпуса модели при установившемся потоке в местах установки приемников. Продувка осуществлялась при следующих углах установки:  $6^\circ$  дифферента на нос,  $6^\circ$  дифферента на кор-

му и при нулевом дифференте. Величины значений углов дифферентов выбирались на основании анализа многочисленных результатов модельных [ 1,4 ] и натуральных исследований [ 5 ].

Для исключения систематических ошибок, вызванных внешними условиями (изменением температуры, влажности и давления воздуха), опыты были рандомизированы.

При организации исследований был составлен план проведения эксперимента, в каждой точке которого ставились 3 параллельных опыта (согласно рекомендациям [ 8 ]), с последующим осреднением полученных результатов.



*Рис.2. Экспериментальная установка ...*

Полученные результаты представлены в таблице I и для наглядности в графическом виде на рисунках 3, 4, 5.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований распределения давления по поверхности погруженной части корпуса плавучей машины

Дифференциал корпуса 6 <sup>1</sup>														
Эквивалент давления в точках замера														
Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Координаты по X (мм)	22,2	48,3	76,6	76,7	129	181	229	290	331	354	382	421	452	490
Координаты по Y (мм)	18,6	40,3	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	40
1-е сечение Z=62 мм	59,4	42,3	-66	-62	-50	-18	-13	-20	-18	-18	-23	-17	-28	-12
2-е сечение Z=39 мм	68	55,2	-102	-77	-50	-27	-18	-30	-19	-16	-17	-28	-11	-22
3-е сечение Z=0 мм	71,2	44	-102	-60	-50	-27	-	-30	-20	-	-	-29	-11	-26
Дифференциал корпуса 5 <sup>2</sup>														
Эквивалент давления в точках замера														
Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1-е сечение Z=62 мм	51,3	28,5	-84	-35	-39	-20	-14	-22	23,2	13,6	23,2	-22	25,2	-22
2-е сечение Z=39 мм	48	26,7	-82	-37	-32	-19	13,5	16,8	11,7	-15	16,5	14,4	16,2	25,9
3-е сечение Z=0 мм	43,4	25,4	-81	-36	-30	-21	-	17,4	16,2	16,5	16,2	16,2	15,9	27,9
Дифференциал корпуса 6 <sup>2</sup>														
Эквивалент давления в точках замера														
Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1-е сечение Z=62 мм	62,8	39,8	-81	44,5	44,3	32,4	-23	-18	17,4	-15	17,4	17,1	-18	15,2
2-е сечение Z=39 мм	60,3	35,2	76,2	51,2	50,8	44,8	-27,2	-22	20,8	-20	20,8	-20	23,2	-20
3-е сечение Z=0 мм	56,2	31,4	65,2	54,8	53,3	-52	27,6	27,3	24,8	19,6	22,4	-24	22	-26

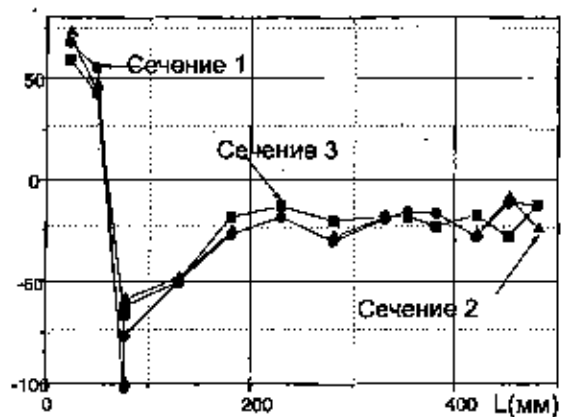


Рис.3. Распределение давления по поверхности погруженной части корпуса плавучей машины при дифференте на корму  $6^\circ$

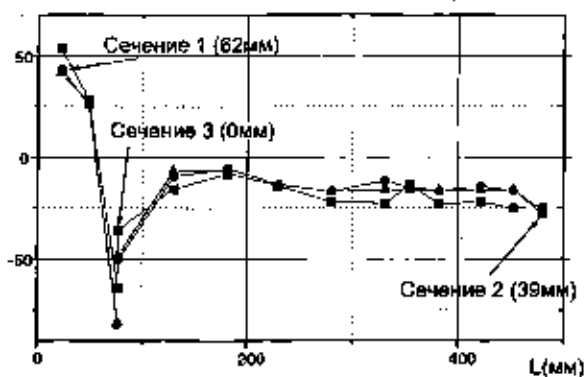


Рис.4. Распределение давления по поверхности погруженной части корпуса плавучей машины при дифференте на корму  $5^\circ$

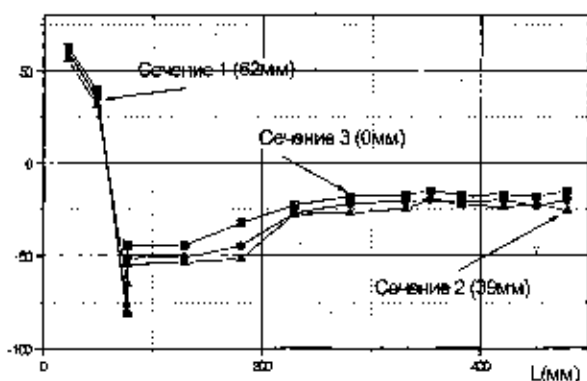


Рис. 5. Распределение давления по поверхности погруженной части корпуса плавучей машины при дифференте на нос  $6^\circ$

Анализ полученных результатов наглядно показывает, что при любом из рассматриваемых положений модели плавучей машины относительно набегающего потока наблюдается интенсивное вихреобразование. Этот процесс начинается и интенсивно развивается на участке соединения носовой наклонной оконечности корпуса и днища машины. Наблюдаемый перепад давления наиболее существенен при дифференте на нос. Результаты проведенных экспериментов согласуются с данными, полученными при оценке ходовых качеств колесных и гусеничных плавучих машин в опытовом бассейне [ 1 ] и при проведении натурных испытаний [ 5 ], выполненных под руководством автора. Исследования распределения давления по контуру погруженной части плавучей машины, как показал анализ открытых публикаций, ранее не проводились. Это дает основание полагать, что они были впервые проведены в Одесском государственном морском университете.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование мореходных качеств машины повышенной проходимости: Отчет о НИР (промежуточн.) / Одесск. ин-т инж. морск. флота. - №ГР 79037871; Инв. №3. - Одесса, 1987. - 48 с.
2. Бугаев С.В., Хильский В.П. Исследование возможности увеличения скорости движения по воде гусеничной машины. - М., 1989. - 7 с. - Рух.-Деп. в Мортехинформреклама 7.5.89, № 1045 - мф.

3. Бугасв С.В. Подолання водної перешкоди плаваючою технікою. Одеса: тип.ОГАСА, 1997. - 39 с.
4. Экспериментальные исследования гидродинамических характеристик плавающих машин. Отчет о ЦИР (заключ.) / Киев, ин-т сухоп. войск. - Инв.№12.27. -Киев: тип. КИСВ, 1994. - 106 с.
5. Бугаев С.В. Экспериментальные модельные исследования гидродинамического воздействия жидкости на плавающую машину // Научно-технический сборник КИСВ. - Киев: тип.КИСВ, 1994. - С. 12 -14 .
6. Тупик В.К., Рогожин В.П. Повышение водоходных качеств гусеничных машин ГАЗ. - Экспериментальные модельные исследования гидродинамического воздействия жидкости на плавающую машину // Научно-технический сборник в/ч 63539. - М.: тип. МО СССР. - 1977. - №1. - С. 10 -18.
7. Слюсарев А.С. Влияние конструктивных параметров на гидродинамические свойства плавающих машин // Научно-технический сборник в/ч 63539. М.: тип. МО СССР. - 1989. - №1. - С. 37 - 42.
8. Адлер Ю.П., Маркова Е. В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М. : Наука, 1976. - 97с.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ПРИЧАЛОМ ПРИШВАРТОВАННОГО СУДНА В УСЛОВИЯХ ВОЛНЕНИЯ

А.Л.Тюрин

Непосредственное воздействие волн на конструктивные элементы причалов, расположенных на защищенных акваториях, как правило, не имеет существенного значения при их проектировании и эксплуатации.

Значительно большее влияние оказывает качка ошвартованного судна и его взаимодействие с причалом в условиях волнения. При качке ошвартованного судна его перемещения, по мере возрастания параметров воздействующих волн, достигают допустимых и предельно допустимых величин.

Превышение допустимой величины перемещений создаёт помехи при производстве грузовых и вспомогательных операций на судне. Допустимая величина перемещений зависит от типа судна, рода перерабатываемого груза, особенностей технологического процесса грузовых работ, требований охраны труда, экологической безопасности и определяется по РД 31-33-03-88 [1].

Последующее увеличение параметров волн на операционной акватории причала может вызвать предельно допустимые перемещения судна, превышение которых приведет к возникновению аварийной ситуации на судне, причале или технологическом оборудовании. В ряде случаев, учитывая особенности груза (химгрузы, нефтегрузы и др.), это может привести не только к значительному моральному и материальному ущербу, но и иметь серьезные экологические последствия.

Величина предельно допустимых перемещений назначается из условий прочности борта судна, допустимых нагрузок на конструктивные элементы причального сооружения, включая отбойные приспособления и швартовные устройства.

В мировой практике имеется немало примеров весьма серьезных аварий, вызванных воздействием ошвартованного судна на причал в условиях значительного волнения. В одном из портов во время шторма судно стало раскачиваться и ударяться о пирс [2]. В результате 23 сваи пирса получили двойной излом на глубине 0.5+1.0 м в месте сопряжения с ригелем. Значительные повреждения получили также отбойная рама и кордонная бортовая балка причала.

Всё это свидетельствует об актуальности исследований вопросов взаимодействия ошвартованных судов с причальными сооружениями в условиях

волнения.

Для составления уравнений колебаний опшвартованного судна введём две системы координат (рис.1): первая - связана с судном  $(0, x', y', z')$ , вторая - неподвижная  $(0, x, y, z)$ . За первую систему координат примем главные оси инерции судна, начало координат выберем в центре масс судна. Направление осей указано на рис.1. В неподвижной системе координат плоскость  $хоу$  совпадет с невозмущенной свободной поверхностью воды. Положение судна в любой момент времени  $(t)$  может быть описано следующими величинами:  $x$  - ордината (ЦМ) судна в абсолютных осях координат;  $\theta$  - угол поперечных отклонений судна (бортовая качка) между осями  $oz$  и  $oz'$ ;  $\phi$  - угол рыскания судна между осями  $ou$  и  $ou'$ .

Используя принцип Даламбера и допуская возможным отбросить искомые переменные высоких, начиная со второго, порядков малости, систему уравнений движения судна по трем степеням свободы можно представить в виде

$$m_0 \ddot{x} = X, \quad I_\phi \ddot{\phi} = M_z, \quad I_\theta \ddot{\theta} = M_y, \quad (1)$$

здесь  $m_0 = \frac{D}{g}$  - масса судна;  $D$  - водоизмещение судна;  $g$  - ускорение

силы тяжести;  $X$  - проекция главного вектора всех сил на абсолютную ось  $ox$ ;  $I_\theta, I_\phi$  - главные центральные моменты инерции массы судна относительно осей, соответственно  $ou$  и  $oz$ ;  $M_y$  и  $M_z$  - моменты всех гидродинамических внешних сил относительно осей  $ou$  и  $oz$ .

Раскрывая содержание правых частей уравнения (1), в соответствии с работой [3], систему (1) запишем следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} m_c \ddot{x} + \mu_{22} \dot{x} + P(x_{f_i}) &= P_x(t) \\ I_\theta \ddot{\theta} + Dh_0 \dot{\theta} + \mu_{44} \dot{\theta} + I_\theta P(x_{f_i}) &= M_\theta(t) \\ I_\phi \ddot{\phi} + \mu_{66} \dot{\phi} + I_\phi P(x_{f_i}) &= M_\phi(t) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

здесь:  $m_c, I_{\theta c}, I_{\phi c}$  - масса судна и главные центральные моменты с учётом присоединённой массы воды;  $\mu_{22}, \mu_{44}, \mu_{66}$  - коэффициенты демпфирования при соответствующих видах движения судна;  $h_0$  - поперечная метацентрическая высота;  $x_{f_i}$  - обобщённая величина деформации отбойных устройств;  $P_x(t), M_\theta(t)$  и  $M_\phi(t)$  - горизонтальная составляющая равнодействующей волновой нагрузки на корпус судна и её моменты;  $P(x_{f_i})$  - реакция связей, зависящая от



деформативных характеристик отбойных и швартовных устройств; смысл параметров  $l_p$  и  $l_0$  ясен из рис. 1.

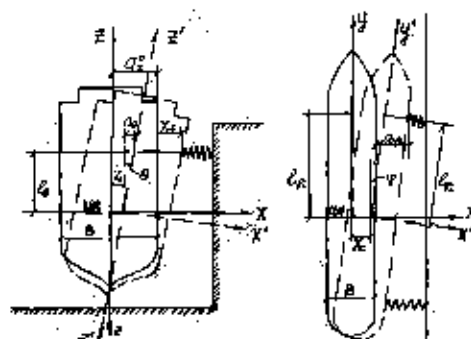


Рис. 1. Расчётная схема взаимодействия судна с абсолютно неподатливым причалом

Система дифференциальных уравнений (2), описывающая перемещения судна, ошвартованного у жёсткого и абсолютно неподвижного причала в общем случае, является нелинейной вследствие нелинейности восстанавливающей силы - реакции связей  $P(x_n)$ .

Рассмотрим теперь уравнения движения судно - связи - податливые палы. Общий вид уравнений перемещения судна в этом случае соответствует системе (2). Отличие заключается только в том, что при определении перемещений точки контакта и силы реакции связей необходимо учитывать влияние податливых палов. Верхнее строение палов принимается абсолютно жёстким. Перемещения палов будем рассматривать, придерживаясь основных положений работы [4]. Колебания верхнего строения палов будем рассматривать в пространстве, определяемом неподвижной системой координат  $(x_n, y_n, z_n)$  (рис. 2). Примем следующие обозначения:  $a_i, b_i, c_i$  - координаты точки заделки в верхнем строении  $i$ -той опоры (свай);  $x_n, y_n, z_n$  - перемещения центра массы верхнего строения в направлении соответствующих осей;  $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$  - углы поворота верхнего строения относительно осей координат;  $x_i, y_i, z_i$  - координаты точки верхнего строения пала, значения которых в момент времени  $t$  можно представить зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_n + c_i \varphi_y - b_i \varphi_z, \\ y_i &= y_n + a_i \varphi_z - c_i \varphi_x, \\ z_i &= z_n + b_i \varphi_x - a_i \varphi_y. \end{aligned} \right\} (3)$$

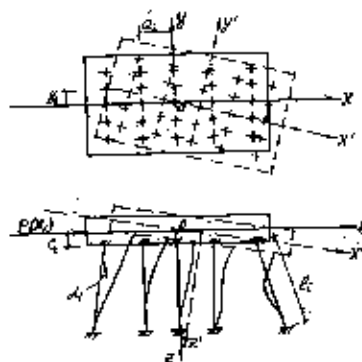


Рис. 2. Расчётная схема взаимодействия судна с податливым палом

Воспользовавшись уравнением Лагранжа 2-го ряда, и, учитывая, что верхнее строение и свайное основание пала имеет две плоскости симметрии  $x_0$ ,  $z_0$  и  $y_0$ ,  $z_0$ , можно записать систему уравнений движения верхнего строения и ошвартованного судна в плоскости  $x_n$ ,  $z_n$  в виде:

$$\left. \begin{aligned} m_c \ddot{x} + \mu_{22} \dot{x} + P(x_f) &= P_x(t), \\ I_\theta \ddot{\theta} + \mu_{\theta\theta} \dot{\theta} + Dh_\theta \theta + l_\theta P(x_f) &= M_\theta(t), \\ I_\varphi \ddot{\varphi} + \mu_{\varphi\varphi} \dot{\varphi} + l_\varphi P(x_f) &= M_\varphi(t), \\ m_n \ddot{y}_n + k^x x_n + k_{12} \varphi_y &= R_x, \\ I_y \ddot{\varphi}_y + k_{21} x_n + f_y \varphi_y &= M_{\varphi_y}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

здесь:  $k^x$ ,  $k_{21}$ ,  $k_{12}$ ,  $f_y$  - функции, характеризующие жёсткостные характеристики системы (верхнее строение и свайное поле пала), значения их можно определить в соответствии с рекомендациями работы [4];  $R_x$  и  $M_{\varphi_y}$  - силы и моменты, передаваемые на верхнее строение от ошвартованного судна;  $x_n$  - обобщённая величина деформации отбойных устройств с учётом перемещений пала, может быть определена в первом приближении из выражения

$$x_{fn} = x_c + l_\theta \theta + l_\varphi \varphi - x_n \quad (5)$$

Решение уравнений (2) и (4) в случае линейных деформативных характеристик связей было приведено в работе [5]. Там же изложены основные положения расчётного метода определения перемещений ошвартованного судна и усилий, передающихся на причал.

В общем случае деформативные характеристики связей являются нели-

цельными. Наличие нелинейности значительно усложняет задачу и аналитическое решение удаётся получить лишь для характеристик частного вида. Так, в работе [5] было получено методом прямой линеаризации решение для поперечно-горизонтальных колебаний судна при условии кусочно-линейной аппроксимации деформативной характеристики связей.

Как известно [5], метод прямой линеаризации предполагает замену действительной нелинейной деформативной характеристики эквивалентной линейной с введением обобщенного коэффициента линеаризации  $K_{ij}$ , восстанавливающей силы, определяемого из условий минимизации ошибки, возникающей вследствие этой замены.

Для систем с несколькими степенями свободы задача определения коэффициентов линеаризации, учитывающих взаимное влияние различных видов движения  $K_{ij}$ , сводится к решению уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial I_i}{\partial K_{ij}} = 0 \quad & (i = 1, 2, \dots, n), \\ & (j = 1, 2, \dots, n), \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

здесь  $I_i$  - функция, определяемая из выражения

$$I_i = \int_{-x_1}^{x_1} \int_{-x_2}^{x_2} \dots \int_{-x_n}^{x_n} m_i^2 dx_1 dx_2 \dots dx_n, \quad (7)$$

$$m_i = [F_i(x_1, x_2, \dots, x_n) - f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)] x_1 x_2 \dots x_n, \quad (8)$$

где  $F_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$  - заданные нелинейные деформативные характеристики;

$f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$  - замыкающие линейные характеристики, которые можно представить в виде

$$f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = K_{i1} \cdot x_1 + K_{i2} \cdot x_2 + \dots + K_{in} \cdot x_n, \quad (9)$$

здесь  $x_1, x_2, \dots, x_n$  - перемещения судна при различных видах колебаний.

В качестве примера приведём результат решения уравнения (6) для простейшего случая, когда график деформативной характеристики состоит из двух отрезков прямых, наклонённых к горизонтальной оси под углами  $K_{on}$  и  $K_{ot}$  - коэффициенты жесткости, соответственно, швартовых и отбоев. Тогда значения  $K_{i1}$  - коэффициента линеаризации при поперечно-горизонтальных перемещениях судна равно

$$K_{11} = \frac{5}{2x_f^2} \int_{-x_f}^{x_f} F(x_f) x_f^3 dx_f = \frac{K_{шв}}{8} \left[ 4(1 + \alpha) + 5(1 - \alpha) \frac{\sqrt{\alpha - 1}}{\sqrt{\alpha + 1}} - (1 - \alpha) \left( \frac{\sqrt{\alpha - 1}}{\sqrt{\alpha + 1}} \right)^5 \right]$$

здесь  $\alpha = \frac{K_{от}}{K_{шв}}$ ;  $K_{22}$  - коэффициент линеаризации при бортовой качке судна

$$K_{22} = \frac{5l_0}{2x_f^5} \int_{-x_f}^{x_f} F(x_f) x_f^3 dx_f = l_0 K_{11}.$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. РД 31.33.03-88. Рекомендации по определению допустимых ветроволновых условий при проектировании морских портов. М: В/О «Мортехинформреклама». 1989. 82с.
2. Симаков Г.В., Марченко Д.В., Шхикинес К.Н. Теоретические и экспериментальные исследования взаимодействия судов с причалами. Л: Изд-во Ленинградского Университета, 1979. 184с.
3. Тюрин А.П. Дополнение к РД 31.33.03-81 по определению допустимых высот волн и оценке защищенности портовых акваторий. Отчёт НИР ЧерноморНИИпроект. Инв. номер 03.8.80 017420.
4. Кульмач П.П. Сейсмостойкость портовых гидротехнических сооружений. М: Транспорт, 1970. 370 с.
5. Шихиев Ф.М., Тюрин А.П. Взаимодействие пришвартованного судна с причальным сооружением на волнении. Морские порты. М: «Рекаминформбюро». 1977. 182 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРИЧАЛОВ ЭСТАКАДНОГО ТИПА С ТЫЛОВЫМ СОПРЯЖЕНИЕМ В ВИДЕ ЖЕСТКИХ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАБОТЫ СИСТЕМЫ "СООРУЖЕНИЕ - ГРУНТОВАЯ СРЕДА"

Н.Н.Ховелия

В современных условиях особое внимание должно быть уделено вопросам повышения эффективности технической эксплуатации портовых гидротехнических сооружений на базе применения современных инженерных методов, в т. ч. ориентированных на возможности новейших ПЭВМ, реализующих достоверную модель системы "сооружение - грунтовая среда", а также использованию практических методов оценки фактического технического состояния и резервов несущей способности сооружений.

Ниже рассмотрены результаты комплексных исследований, позволяющих дать объективную оценку фактического технического состояния эксплуатируемых портовых гидротехнических сооружений, и в конечном счете, своевременно обнаружить появившиеся чрезмерные деформации, выявить наиболее уязвимые несущие элементы и т. д.

Оценка действительного характера работы сооружения может быть дана после выполнения комплекса исследований, как правило, включающего: освидетельствование элементов конструкций; разбивку и установку геодезической наблюдательной сети; проведение периодических наблюдений за планово-высотными деформациями сооружений с одновременным фиксированием интенсивности действующих эксплуатационных нагрузок; техническую диагностику состояния несущих элементов с выявлением имеющихся запасов прочности; контрольные экспертные инженерно-геологические исследования грунтов; статические и динамические испытания отдельных элементов конструкций и в целом, в том числе опытные огрузки; анализ результатов показаний контрольно-измерительной аппаратуры, установленной в тело сооружения; выбор и обоснование расчетных схем; выполнение контрольных расчетов по определению предельных перемещений сооружений с учетом

фактических прочностных и жесткостных характеристик конструкций [1].

Одним из основных факторов, учитываемых при анализе фактической схемы работы сооружений, являются эксплуатационные нагрузки, непосредственно влияющие на безопасность и долговечность портовых объектов.

В этой связи следует отметить, что используемые ранее кинематические методы [2], основанные на смешанной постановке задачи определения бокового давления грунта на жесткие подпорные стенки, позволяют более точно, чем традиционные методы, отразить реальные условия взаимодействия эксплуатируемого сооружения с грунтовой средой.

Напряженное состояние грунтовой среды, взаимодействующей с сооружениями, является в общем случае смешанным, когда на части контактной зоны грунта с сооружениями реализуется предельное, а на другой части - допредельное состояние.

Традиционные методы определения бокового давления грунта на сооружения основаны на классической теории Кулона либо на теории предельного напряженного состояния. В обоих случаях грунт считается недеформируемым, а предельное напряженное состояние считается наступившим одновременно по всей высоте контактной грани стенки независимо от ее перемещений и деформаций.

Характерным для условий работы многих портовых сооружений, например причальных, является то, что величина смещения стенки на грунт, при котором реализуется полное пассивное давление, оказывается недопустимой для их нормальной эксплуатации. Для весьма жестких и высоких подпорных стенок, воспринимающих распор грунта, активное давление также не может быть достигнуто при ничтожно малых смещениях.

Во избежание недооценки распорного и переоценки отпорного давлений, что свойственно традиционным методам, предложены кинематические методы [2, 3] расчета бокового давления грунта на жесткие подпорные стенки при смешанной постановке, учитывающей наличие и взаимодействие областей предельного и допредельного напряженного состояния, позволяющие учесть величину, направление и характер перемещений и деформаций сооружения.

С учетом вышеизложенного представляется целесообразным усовершенствовать кинематические методы для анализа напряженно-деформированного состояния эксплуатируемых портовых сооружений.

Разработанные кинематические методы исследования жестких подпорных стенок использованы при анализе работы конкретных объектов - одного из причалов Военного мола Одесского порта - при определении допустимых эксплуатационных нагрузок и схемы их приложения, исходя из фактической несущей способности причала, на котором предполагалось установить рефрижераторные вагоны, используемые в качестве стационарного склада.

Кинематический метод при постановке смешанной упругопластической задачи взаимодействия эксплуатируемого сооружения с грунтовой средой применен для определения бокового давления грунта на вертикальную стенку причала, а также при корректировке эпюры активного давления. Конструкция исследуемого причала представлена в виде железобетонной оторочки с высоким свайным ростверком, в которой в качестве тылового сопряжения использована вертикальная массивная стенка из правильной кладки бетонных массивов.

Для определения допускаемых эксплуатационных нагрузок на причал выполнены поверочные расчеты свайного основания оторочки, плиты верхнего строения и тылового сопряжения. Поверочные расчеты по несущей способности свай и прочности железобетонной плиты верхнего строения позволяют принять допустимую эксплуатационную нагрузку в пределах верхнего строения оторочки 5 кПа.

Результаты исследования несущей способности вертикальной стенки (тылового сопряжения), приведены в табл.1 (расчетная схема - см. на рис. 1).

Таблица 1. Основные результаты расчета вертикальной стенки причала

Расчетное сечение	Сдвигающая сила, кН	Удерживающая сила, кН	Условный коэффициент запаса	Опрокидывающий момент, кН·м	Удерживающий момент, кН·м	Условный коэффициент запаса
I	144.2	166.6	1.16	503.7	744.6	1.48
II - II	117.3	138.2	1.18	358.6	524.4	1.46
III - III	79.8	94.8	1.19	183.4	301.1	1.64
IV - IV	35.9	41.6	1.16	31.6	52.0	1.65

Результаты исследований показали, что на территории за массивной стенкой может быть допущена предельная равномерно распределенная нагрузка интенсивностью не выше 20 кПа, в пределах бутобетонной надстройки предельная интенсивность равномерно распределенной нагрузки следует принимать до 5кПа.

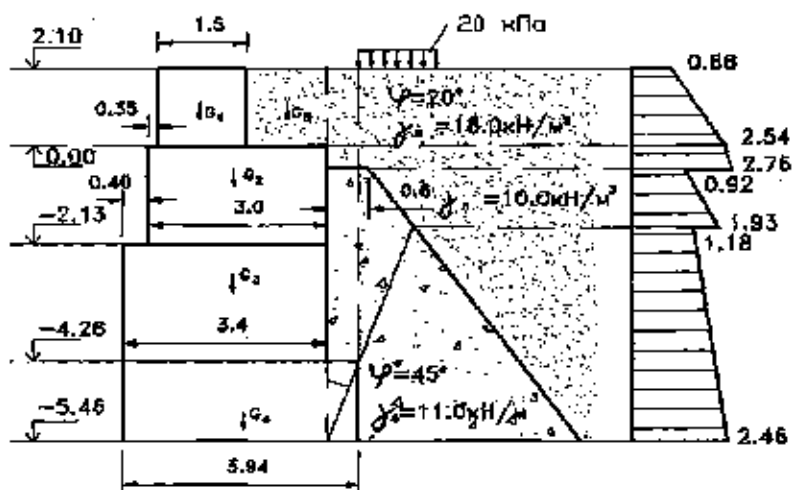


Рис. 1. Расчетная схема тыловой стенки причала и эюра активного давления грунта

Схема допустимых эксплуатационных нагрузок на исследуемый причал приведена на рис. 2.

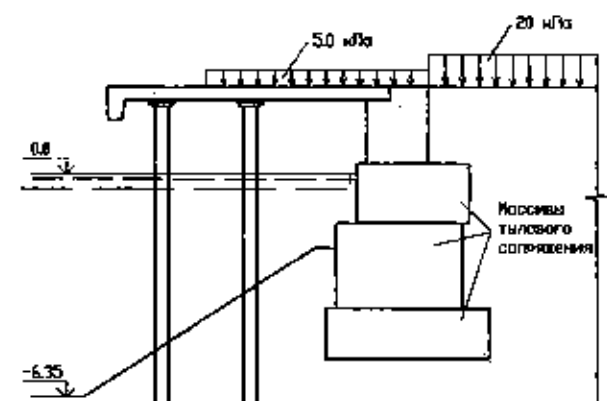


Рис. 2. Схема допустимых эксплуатационных нагрузок на причал Военного мола (п.Одесса)

Результаты расчета вертикальной стенки (тылового сопряжения) предложенным кинематическим методом (при постановке смешанной упругопластической задачи взаимодействия подпорных стенок с грунтовой средой), приведены в табл. 2.



Сопоставление полученных результатов расчета показало: расхождение между результатами поверочного расчета вертикальной стенки, выполненного по традиционной методике, и результатами расчета по кинематическому методу незначительны, так как в данном случае для рассмотренной расчетной схемы разница между распорным промежуточным и активным (минимальным распорным) не велика. На основе полученных расчетных данных проработаны варианты установки восьми рефрижераторных вагонов.

Таблица 2. Основные результаты расчета вертикальной стенки кинематическим методом

Расчетное сечение	Сдвигающая сила, кН	Удерживающая сила, кН	Условный коэффициент запаса	Опрокидывающий момент, кН м	Удерживающий момент, кН м	Условный коэффициент запаса
I	144.4	166.6	1.15	52.4.4	744.6	1.42
II - II	119.1	138.2	1.16	377.3	524.4	1.39
III - III	81.0	94.8	1.17	190.6	301.1	1.58
IV - IV	36.5	41.6	1.14	32.5	52.0	1.60

Рассмотрено несколько вариантов возможной компоновки.

**I вариант.** В основу положена следующая схема: пять вагонов расположены вдоль кордона, три вагона - параллельно им со стороны тыла.

В связи с необходимостью передачи нагрузок от вагонов на сваи через узлы омошоричевания их с плитой верхнего строения и с целью удешевления фундаментных опор кордонный ряд вагонов размещен по оси существующего свайного основания.

В качестве основания под тыловой ряд из трех вагонов предлагается использовать часть массивной кладки, соответственно расширив и укрепив надводную бутовую надстройку, имеющую повреждения с лицевой стороны.

**II вариант.** Аналогичен варианту I в части технического решения и отличается лишь качеством размещения в линию вагонов. В кордонной части размещается шесть вагонов, в тыловой - два.

Преимущество перед вариантом I заключается в том, что перед воротами склада освобождается дополнительная площадь.

**III вариант.** В части размещения кордонного ряда вагонов аналогичен варианту I.

Тыловой ряд вагонов смещен в сторону кордона на 1,50 м за счет создания дополнительных самостоятельных опор в виде одиночных металлических трубчатых свай, забиваемых в специально образованные в плите верхнего строения проемы. ...

Преимущество перед вариантом I - получение порядка 100 м<sup>2</sup> дополнительной свободной площади перед тыловым складом.

Недостаток: необходимость забивки дополнительных свай через верхнее строение существующей железобетонной плиты верхнего строения оторочки.

*IV вариант.* В части размещения кордонного ряда вагонов аналогичен варианту I, а в части тылового ряда повторяет решение варианта III.

По сравнению с вариантом II позволяет получить перед тыловым складом дополнительную площадку порядка 70 м<sup>2</sup>, но требует забивки дополнительных по сравнению с вариантом III самостоятельных свай для создания опор под вагоны.

*V вариант.* В основу положено техническое решение по опиранию всех рефрижераторных вагонов только в местах размещения (расположения) колесных тележек, при этом кордонные опоры располагаются по оси существующего свайного основания, под тыловые опоры используется конструкция тылового сопряжения оторочки в виде массивовой стенки после местного уширения и усиления надводной надстройки из бутовой кладки.

Достоинства: однотипность конструктивного решения для всех вагонов и компактность размещения.

Недостатки: необходимость уменьшения расстояния между кузовом вагона и линией кордона причала ниже нормативной, что может в дальнейшем создать сложности при швартовке судов. Также усложняется конструктивное решение и стоимость устройства рампы для проезда автопогрузчиков (в связи с необходимостью передачи нагрузки от рампы на свайные опоры, минуя плиту верхнего строения оторочки).

Учитывая достоинства и недостатки проработанных компоновочных схем размещения рефрижераторных вагонов на причале, к осуществлению рекомендуется I вариант компоновки.

Разработанные кинематические методы определения бокового давления грунта на жесткие подпорные стенки апробированы также при анализе фактической схемы работы одного из причалов эстакадного типа.

В конструктивном отношении причал представляет собой свайную оторочку с железобетонным верхним строением, устроенную перед стенкой в виде массивовой кладки.

Анализ статической работы тылового сопряжения (вертикальная стенка) причала позволил определить фактическую схему распределения эксплуатационных нагрузок, а также оценить резервы несущей способности тылового сопряжения.

Для определения допустимых эксплуатационных нагрузок и схемы их приложения на причал выполнены поверочные расчеты тылового сопряжения и свайного основания оторочки.

Результаты исследований несущей способности свай и плиты верхнего строения позволяют принять допустимую эксплуатационную нагрузку в пределах верхнего строения 30 кПа.

Для оценки фактической несущей способности тыловой части причала выполнены поверочные расчеты, результаты которых приведены в табл. 3.

Таблица 3. Основные результаты расчета устойчивости тылового сопряжения

Сдвигающая сила, кН	Удерживающая сила, кН	Коэффициент запаса устойчивости на сдвиг	Опрокидывающий момент, кН м	Удерживающий момент, кН м	Коэффициент запаса устойчивости на опрокидывание
175.6	222.6	1.27	583.4	988.4	1.69

Анализ результатов поверочных расчетов тылового сопряжения позволяет принять интенсивность эксплуатационных нагрузок на территории, прилегающей к тыловому сопряжению 10 кПа.

Схема допустимых эксплуатационных нагрузок на причал приведена на рис. 3.

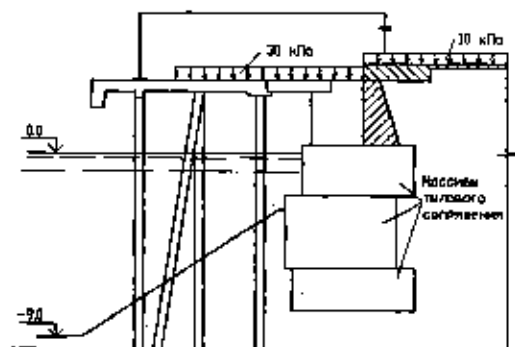


Рис. 3. Схема допустимых эксплуатационных нагрузок на причал эстакадного типа (п. Одесса)

В результате расчета вертикальной стенки (тылового сопряжения) численным методом получены значения, приведенные в табл. 4.

Таблица 4. Основные результаты расчета вертикальной стенки кинематическим методом

Сдвигающая сила, кН	Удерживающая сила, кН	Коэффициент запаса устойчивости на сдвиг	Опрокидывающий момент, кН м	Удерживающий момент, кН м	Коэффициент запаса устойчивости на опрокидывание
185.5	222.6	1.20	613.9	988.4	1.61

Сопоставление полученных результатов расчета показало: расхождение между результатами повсрочного расчета тылового сопряжения, выполненного по традиционной методике, и результатами расчета по кинематическому методу незначительны.

Приведенные результаты использования кинематических методов при анализе напряженно-деформированного состояния реальных причальных сооружений и сравнение с данными, полученными по традиционным методам расчета, показали их эффективность при разработке мероприятий по назначению оптимального режима технической эксплуатации.

Приведенные выше данные исследований, выполненных с применением разработанных кинематических методов, использованы в проектно-исследовательской документации института "ЧерноморНИИПроекта".

### Литература

1. Пойзнер М.Б., Яковенко В.Г. Авторский надзор за портовыми гидротехническими сооружениями. - М.: Транспорт, 1990. 160 с.
2. Дубровский М.П., Хонелия Н.Н. Определение силы бокового давления связного грунта на подпорные стенки при смешанном напряженном состоянии// Известия ВУЗов "Строительство". 1997. №3. С.27 - 31.
3. Дубровский М.П. Кинематика взаимодействия портовых гидротехнических сооружений с грунтовой средой: Автореф. дис. д-ра техн. Наук// Одесский государственный морской университет - Одесса, 1994. 45 с.

# Содержание

## *МАШИНОВЕДЕНИЕ*

- Б.И. Антонов**  
ПЛОСКАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ ПЛАС-  
ТИН ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ.....3
- В.Т. Бугаев, А.В. Катана**  
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРООСМОСА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ  
ТРЕНИЯ ГРУНТА ПО КОНТАКТНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ  
ПОВЕРХНОСТИ.....9
- А.В. Гришин, В.А. Гришин**  
РАСЧЕТ СТЕРЖНЕЙ ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕ-  
НИИ.....14
- Д.В. Евдокимов**  
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПЕНСА-  
ТОРОВ ИЗНОСА ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВЫХ ПАР ПРИ-  
МЕНИТЕЛЬНО К АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫМ ГИДРОМА-  
ШИНАМ.....20
- В.М. Савченко**  
ЭЛЛИпсоИДАЛЬНЫЕ АППРОКСИМАЦИИ МНОЖЕСТВ  
ДОСТИЖИМОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ  
ВКЛЮЧЕНИЙ.....25
- В.М. Савченко**  
АСИМПТОТИЧЕСКАЯ АППРОКСИМАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ КЛЮЧЕНИЙ.....30
- О.М. Шумило**  
ОБГРУНТОВАНИЙ ВИБИР МАТЕРИАЛУ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ, ЦО  
ПІДЛЯГАЮТЬ ЦИКЛІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННЮ..... 35
- А.М. Ясниковский**  
КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНЫЕ МОДЕЛИ КАНАТНЫХ ГРЕЙФЕР-  
НЫХ СИСТЕМ ДЛЯ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ.....47

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

<b>Е.Н.Восвудский, А.Г.Шибаз</b> ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ВАРИАНТОВ РАБОТЫ МОРСКИХ ГРУЗОВЫХ СУДОВ.....	52
<b>А.И. Лалкин</b> ГЕНЕРАЛЬНЫЕ КОНТРАКТЫ – ОСНОВА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ФЛОТА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМИ РЕЙСАМИ.....	60
<b>В.П.Капитанов</b> ОБОСНОВАНИЕ РИТМИЧНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА.....	66
<b>В.К.Козырев, И.И.Ландер</b> АГЕНТИРОВАНИЕ ФЛОТА В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ.....	73
<b>В.К.Козырев, И.И.Ландер</b> ЭКСПЕДИТОРСКАЯ И АГЕНТСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК РАЗНОВИДНОСТЬ КОММЕРЧЕСКОЙ РАБОТЫ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ.....	81
<b>Е.Д.Крушкин</b> СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ УКРАИНЫ.....	86
<b>Е.Д.Крушкин</b> КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕЙНЕРНЫМ ТЕРМИНАЛОМ МОРСКОГО ТОРГОВОГО ПОРТА.....	94
<b>А.О. Балобанов</b> ОБ ОФОРМЛЕНИИ КАПИТАНОМ ДОКУМЕНТОВ, СВЯЗАННЫХ С ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАМИ НА МОРЕ.....	103
<b>М.П. Дубровский, А.В. Калужный</b> КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ПОРТОВОГО ПРИЧАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ РАСПОРНОГО ТИПА (ЧАСТЬ I).....	106
<b>П.И. Яковлев, О.В. Ладур</b> РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ПОРТОВОЙ ГИДРОТЕХНИКИ.....	116
<b>В. А. Гришин, И. Г. Бугаева, С. В. Бугаева</b> СОВМЕСТНЫЙ УПРУГОВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПЛИТЫ И ОСНОВАНИЯ ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ.....	122

**С. В. Бугаев**

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПО КОНТУРУ ПОГРУЖЕННОЙ ЧАСТИ ПЛАВАЮЩЕЙ МАШИНЫ ..... 127

**А.П.Тюрин**

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ПРИЧАЛОМ ПРИЦВАРТОВАННОГО СУДНА В УСЛОВИЯХ ВОЛНЕНИЯ ..... 134

**Н.Н.Хонелия**

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРИЧАЛОВ ЭСТАКАДНОГО ТИПА С ТЫЛОВЫМ СОПРЯЖЕНИЕМ В ВИДЕ ЖЕСТКИХ ПОДПОРНЫХ СТенок НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАБОТЫ СИСТЕМЫ "СООРУЖЕНИЕ - ГРУНТОВАЯ СРЕДА" ..... 140

## **Новые специальности на кораблестроительном факультете ОДМУ**

Концепция развития кораблестроительного факультета ОДМУ ставит своей целью:

- подготовку специалистов разных квалификационных уровней для предприятий и учреждений водного транспорта;
- расширение возможностей в удовлетворении образовательных потребностей человека и общества;
- повышение гибкости профессиональной подготовки специалистов в условиях изменяющихся потребностей экономики и рынка труда;
- интеграцию системы обучения специалистов водного транспорта Украины в мировую систему подготовки кадров;
- обеспечение преемственности многолетнего опыта подготовки специалистов для водного транспорта в ОДМУ.

Указанная концепция реализована на факультете в нескольких новых специальностях и специализациях, внесенных в Государственный реестр по предложению Университета.

**Специализация 7. 100201. 05**

### **«Организация и управление надзором за кораблями и океанотехникой».**

**Квалификация** - магистр кораблестроения и океанотехники.

**Сфера деятельности:** надзор за строительством и технической эксплуатацией флота, грузовой сюрвей, морское страхование судов и перевозки грузов.

**Возможные места работы:** судоходные компании, судостроительные и судоремонтные заводы, порты, классификационные общества, надзорные органы, сюрвейерские организации и страховые компании. Подготовка обеспечивается профессорско-преподавательским составом ОДМУ и ведущими специалистами Всеукраинской ассоциации морских сюрвейеров и консультантов. Фундаментальная подготовка в области кораблестроения сочетается с изучением таких дисциплин, как надзорная деятельность, международные морские конвенции, морское право и правовые вопросы надзора, безопасность морских перевозок, практический сюрвей.

**Специальность 6. 080400**

### **«Информационные управляющие системы и технологии» направления «Компьютерные науки».**

**Квалификация** - инженер по использованию компьютеров.

**Сфера деятельности** - разработка компьютеризованных систем обработки информации и управления, систем автоматизированного проектирования, систем искусственного интеллекта. Функциональные обязанности специалиста находятся в пределах от участия в исследованиях до маркетинга систем и программных продуктов.

**Возможные места работы:** подразделения и отделы обслуживания компьютеризованных систем организаций и учреждений, независимо от их профиля.

Подготовка осуществляется на базе современных ЭВМ и программных продуктов, в том числе: Autoship, Foral, Prime Ship, Informex.



*Наукове видання*

**ВІСНИК**

**ОДЕСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО  
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

**Випуск 4**

***Проблеми експлуатації  
водного транспорту***

**Збірник наукових праць**

*Українською, російською  
та англійською мовами*

Комп'ютерну верстку та розробку оригінал-макету збірника  
було здійснено на ЮЦ ОдМУ

*Т. Д. Патченко, В. М. Савченко, В. М. Машітін*

---

Підписано до друку 20.05.99. Формат 70х108/16.

Папір офсетний. Гарнітура "Times". Друк офсетний.

Ук. друк. арк. 13,30. Обл.-внд. арк. 10,85. Тираж 300 прим: Зам. № 371/1.

**Видавництво і друкарня НВО "Астропринт"**

**270026, м. Одеса, вул. Преображенська, 24.**

**Тел. (0482) 26-98-82, 26-46-82, 68-77-33**