

# К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СТОИМОСТИ СУДНА НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

О. В. Панкова, аспирантка

*Национальный университет кораблестроения, г. Николаев*

**Аннотация.** На основе статистических данных построены регрессионные уравнения, которые используются при нахождении строительной стоимости судна на начальных стадиях проектирования. Представлена формула для определения трудоемкости постройки судна.

**Ключевые слова:** себестоимость судна, строительная стоимость судна, трудоемкость постройки судна, завод-строитель.

**Анотація.** На основі статистичних даних побудовані регресійні рівняння, які використовуються при знаходженні будівельної вартості судна на початкових стадіях проектування. Наведена формула для визначення трудомісткості будівництва судна.

**Ключові слова:** собівартість судна, будівельна вартість судна, трудомісткість будівництва судна, завод-будівельник.

**Abstract.** On the basis of statistical data regressive equalizations which are used for finding of a ship building cost on the initial stages of planning are built. The formula for shipbuilding labour intensity determination is given.

**Keywords:** ship cost price, ship building cost, shipbuilding labour intensity, factory-builder.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Определение рыночной стоимости судна — один из сложнейших и интереснейших аспектов судостроения. В отличие от многих объектов недвижимости и оборудования, данный процесс не обеспечен в достаточной мере справочными, статистическими и нормативными показателями, которые используются для оценки практически всеми подходами (затратным, сравнения продаж и доходности), и требует специальных знаний практиков проектирования, эксплуатации и строительства судов [1, 2].

По многим показателям суда относятся к уникальным объектам, и по ним проблематично определение стоимости во всех ее значениях, будь то себестоимость или строительная стоимость [3, 7]. В частности, суда одного проекта, построенные разными за-

водами, всегда отличались продолжительностью строительства, себестоимостью и строительной стоимостью, что обусловлено особенностями процесса производства на конкретном заводе-строителе.

Статистические данные накапливались учеными для оптимизации проектных решений, определяющих трудоемкость строительства, строительную стоимость и технико-экономические показатели эксплуатации судов. Наиболее достоверны в настоящее время данные периодических специальных журналов и обзоров, непосредственно судостроительных предприятий и проектных организаций.

## ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Цель настоящей статьи — на основе статистических данных построить регрессионные уравнения, которые будут использовать-

ся при нахождении строительной стоимости судна на начальных стадиях проектирования, а также представить формулу для определения трудоемкости постройки судна.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

1. Трудоемкость постройки судна, тыс. чел.-ч,

$$T_C = 0,00118 \sum_i t_i M_i K_{Ti} K_{Mi} K_{Yi},$$

где  $t_i$  — норматив удельной трудоемкости, определяется по статистическим данным в зависимости от типа судна, чел.-ч/т;  $M_i$  — массовые характеристики, т;  $K_{Ti}$  — коэффициент, учитывающий снижение трудоемкости постройки судна за счет внедрения прогрессивных технологических процессов и организации производства,

$$K_{Ti} = 69,339 - 0,0343Y,$$

$Y$  — год сдачи судна;  $K_{Mi} = 1,00$  — коэффициент, учитывающий применение стали (высокопрочной — 1,10; маломагнитной — 1,60; алюминиево-магниевых сплавов — 1,80);  $K_{Yi}$  — коэффициент, учитывающий выполнение работ (по формированию корпуса: в условиях эллинга — 1,00, открытого горизонтального стапеля и строительного дока — 1,10, наклонного стапеля — 1,20; по трубомонтажу: в цехе — 1,00, на открытых площадках — 1,20, на наклонном стапеле — 1,22, на плаву — 1,25);  $i = 1-7$  — соответственно виды работ на судне.

Коэффициенты применения крупногабаритных листов, внедрения корпусных конструкций плоских образований, использования клепаных соединений, применения

механизированных и автоматизированных поточных линий сборочно-сварочного производства, стыкования корпусных конструкций на плаву, использования модульно-агрегатного метода монтажа оборудования и механизмов, применения нового, ранее не освоенного оборудования, выполнения изоляционных работ без привлечения контрагентов, применения атомных энергетических установок принимаются равными 1,00, а коэффициент серийности — 1,30.

Норматив удельной трудоемкости представлен функциями вида

$$Y = A \cdot X^B;$$

$$Y = A + BX;$$

$$Y = A + \frac{B}{X},$$

где  $Y$  — удельная трудоемкость по судну или виду работы, чел.-ч/т;  $X$  — водоизмещение порожнем, без жидких грузов и балласта или масса соответствующих конструкций и оборудования, т;  $A$  — свободный член регрессии;  $B$  — коэффициент регрессии [5].

Значения удельной трудоемкости некоторых типов судов представлены в таблице.

Массовые характеристики  $M_i$  видов работ, осуществляемых на судне [4, 6]:

а) обработка деталей корпуса —

$$M_1 = P_{МК} + P_{П,Ф} + P_{ЛЗ},$$

где  $P_{МК}$  — вес металлического корпуса, т;  $P_{П,Ф}$  — вес подкрепления, фундаментов;  $P_{ЛЗ}$  — вес люковых закрытий;

б) предварительная сборка —

$$M_2 = P_{МК} + P_{П,Ф} + P_{ЛЗ};$$

в) формирование корпуса —

$$M_3 = P_{МК} + P_{П,Ф} + P_{ЛЗ};$$

#### Значения удельной трудоемкости, чел.-ч/т

Тип судна	Обработка деталей корпуса	Предварительная сборка	Формирование корпуса	Трубопроводные работы	Механо-монтажные работы	Достроечные работы	Испытания
Речной танкер	-481,6	-1596,2	-1184,3	255,0	130,0	-946,5	-230,0
Морской танкер	6,6	14,8	14,5	153,4	75,1	10,6	4,5
Сухогруз	6,8	18,1	20,0	210,9	31,6	11,5	3,7
Балкер	6,8	18,1	20,0	210,9	31,6	11,5	3,7
Накатное судно	4,5	-4,0	10,8	270,5	105,7	16,0	2,7
Контейнеровоз	2,6	14,6	8,4	180,0	36,1	9,3	1,0
Рефрижератор	2,9	20,5	30,4	233,0	68,3	21,9	5,7

г) трубопроводные работы —

$$M_4 = 0,80P_C + 0,27P_{y3},$$

где  $P_C$  — вес систем, т;  $P_{y3}$  — вес установки энергетической, т;

д) механомонтажные работы —

$$M_5 = 0,20P_C + 0,73P_{y3} + P_{3y} + P_B,$$

где  $P_{3y}$  — вес электроэнергетической установки, т;  $P_B$  — вес вооружения, т;

е) достроечные работы —

$$M_6 = D_{пор} - P_{пжг},$$

где  $D_{пор}$  — водоизмещение судна порожнем, т;  $P_{пжг}$  — вес постоянных жидких грузов, т;

ж) испытания —

$$M_7 = D_{пор} - P_{пжг}.$$

Машиностроительная часть (МСЧ) учитывается в коэффициенте 0,00118 при определении трудоемкости постройки судна.

2. Трудоемкость изготовления плаза, тыс. н.-ч (при серийном выпуске судов вводится коэффициент серийности, который равен 0,28),

$$T_{II} = \frac{t_{II} M_1}{1000},$$

где  $t_{II}$  — удельная трудоемкость изготовления плаза, н.-ч/т:

а) для танкеров

$$t_{II} = -0,003P_{МК} + 74,036;$$

б) для речных сухогрузов (рис. 1)

$$t_{II} = -0,5915P_{МК} + 181,07;$$

в) для морских сухогрузов

$$t_{II} = -0,004P_{МК} + 77,556.$$

3. Трудоемкость изготовления специальной оснастки, тыс. н.-ч (коэффициент серийности при серийном выпуске судов равен 0,28),

$$T_O = \frac{t_O M_6}{1000},$$

где  $t_O$  — удельная трудоемкость изготовления специальной оснастки, н.-ч/т:

а) для танкеров

$$t_O = -0,0166P_{МК} + 366,02;$$

б) для речных сухогрузов (рис. 2)

$$t_O = -3,0949P_{МК} + 947,33;$$

в) для морских сухогрузов

$$t_O = -0,0217P_{МК} + 384,18.$$

4. По статистическим данным определяем нормативы расхода материалов НР, которые используются для нахождения стоимости материалов (таких, как черный прокат, лесоматериалы, крепежные и лакокрасочные материалы, электроды и сварочная проволока, трубы), при изготовлении оснастки:

$$НР = f(P_{МК}).$$

Эту зависимость можно представить в виде математической функции  $y = \varphi(x)$ , но  $y = \varphi(x) + \psi$ , где  $\psi$  — некоторая случайная ошибка, другими словами, суммарная невязка.

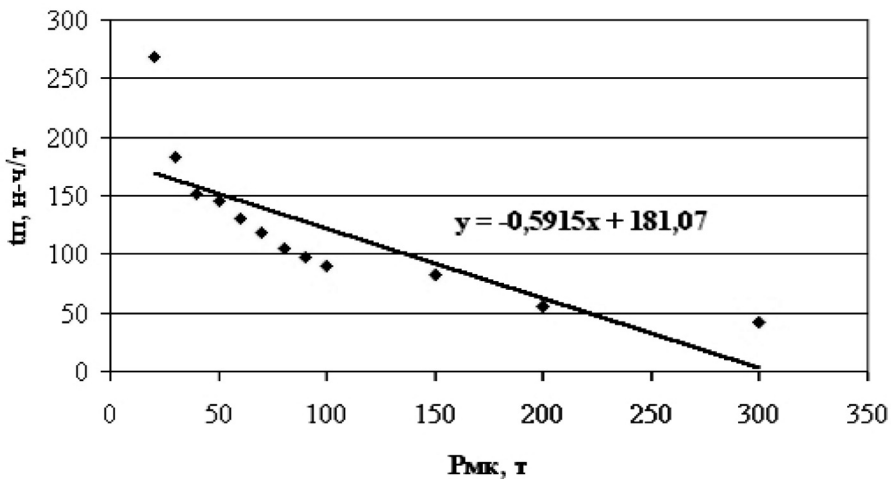


Рис. 1

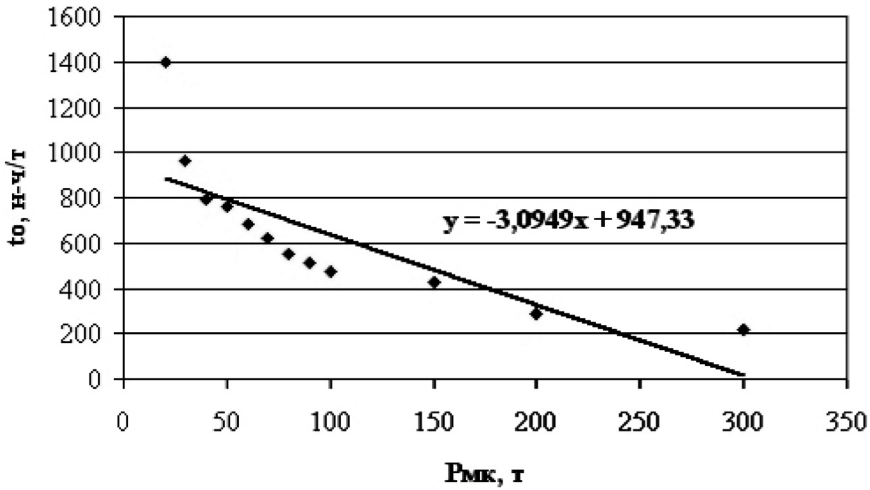


Рис. 2

Аппроксимирующая кривая должна как можно меньше зависеть от случайных ошибок:

$$\psi = \sum_{i=1}^n \psi_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \varphi(x_i, a, b, c))^2,$$

где  $n$  — количество проектов судов данного типа;  $a, b, c$  — неизвестные параметры функции, которые определяются исходя из требования минимума суммы квадратов случайных ошибок.

Необходимым условием минимума функции нескольких переменных является обращение в нуль частных производных невязки:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \varphi(x_i, a, b, c)) \frac{\partial \varphi}{\partial (a, b, c)} = 0.$$

Решая систему уравнений, находим неизвестные параметры  $a, b, c$  и тем самым полностью определяем функцию, которая наилучшим образом (в смысле наименьших квадратов отклонений от исходных точек или наименьшей суммарной невязки) аппроксимирует искомую функцию:

$$y = ax^2 + bx + c.$$

Сумма квадратов отклонений искомой аналитической функции от наблюдаемых значений в данных точках

$$\psi = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c)^2.$$

Дифференцируя функцию  $\psi = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c)^2$  по неизвестным параметрам  $a, b$  и  $c$  и приравнявая производные к нулю, получим регрессионные уравнения:

норматив расхода черного проката, т/т,

$$НР_{\text{ЧП}} = -7 \cdot 10^{-6} P_{\text{МК}} + 0,4704;$$

норматив расхода лесоматериалов, м<sup>3</sup>/т,

$$НР_{\text{Л}} = -3 \cdot 10^{-6} P_{\text{МК}} + 0,2056;$$

норматив расхода электродов и сварочной проволоки, кг/т,

$$НР_{\text{ЭСП}} = -3 \cdot 10^{-6} P_{\text{МК}} + 0,2014;$$

норматив расхода лакокрасочных материалов, кг/т,

$$НР_{\text{ЛМ}} = -4 \cdot 10^{-5} P_{\text{МК}} + 2,5073;$$

норматив расхода крепежных материалов, кг/т,

$$НР_{\text{КМ}} = -6 \cdot 10^{-6} P_{\text{МК}} + 1,0313;$$

норматив расхода труб, кг/т,

$$НР_{\text{Т}} = -4 \cdot 10^{-5} P_{\text{МК}} + 3,8362.$$

## ВЫВОДЫ

1. Приведенная формула для определения трудоемкости постройки судна учитывает норматив удельной трудоемкости, массовые характеристики, коэффициенты, учитывающие снижение трудоемкости постройки судна за счет внедрения прогрессивных технологических процессов и организации производства, применение стали, вид выполняемой работы. 2. Построенные на основе статистических данных регрессионные уравнения служат для нахождения строительной стоимости судна на начальных стадиях проектирования.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

- [1] *Астахов, В. Е.* Техничко-экономические обоснования проектирования промысловых судов [Текст] / В. Е. Астахов, В. С. Горобец. — Л. : Судостроение, 1982. — 247 с.
- [2] *Бейлин, М. К.* Экономический анализ при проектировании судов внутреннего плавания [Текст] / М. К. Бейлин, А. М. Дмитриев. — Л. : Судостроение, 1979. — 480 с.
- [3] *Бронников, А. В.* Морские транспортные суда [Текст] / А. В. Бронников. — Л. : Судостроение, 1984. — 257 с.
- [4] *Войлошников, М. В.* Морские ресурсы и техника: эффективность, стоимость, оптимальность [Текст] / М. В. Войлошников. — Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2002. — 586 с.
- [5] *Корн, Г.* Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. — М. : Наука, 1968. — 720 с.
- [6] *Краев, В. И.* Экономические обоснования при проектировании морских грузовых судов [Текст] / В. И. Краев, О. К. Ступин, Э. Л. Лимонов. — Л. : Судостроение, 1973. — 292 с.
- [7] *Ногид, Л. М.* Теория проектирования судов [Текст] / Л. М. Ногид. — Л. : Судпромгиз, 1955. — 480 с.