

Математическая модель определения производительности траулера-рыбозавода

А.М. Чулков – СПбГМТУ и ВМИ

Производительность траулера-рыбозавода определяется количеством выпускаемой в единицу времени рыбопродукции.

Являясь самостоятельной характеристикой эффективности работы траулера-рыбозавода, его производительность по основным видам рыбопродукции в стоимостном выражении оказывает существенное влияние на все критерии экономической эффективности работы, применяемые при проектировании оптимизации его характеристик и элементов, а также при эксплуатации.

Наиболее важным показателем является суточная производительность, величина которой в основном определяет его рейсовую производительность и годовую. Выражение для суточной производительности траулера-рыбозавода по основным видам выпускаемой рыбопродукции может быть записано в следующем виде:

$$Q_{сут} = \varphi \sqrt[3]{(1 - \beta y) q_b}, \quad (1)$$

где:

$Q_{сут}$ – среднесуточная производительность траулера-рыбозавода по основным видам рыбопродукции;

q_b – среднесуточный улов;

βy – доля непищевого прилова (некондиционное сырье, направляемое сразу на утилизационную установку);

φ – приведенный коэффициент выхода основных видов рыбопродукции из сырца, определяемый из выражения:

$$\varphi = \sum_i \sum_j d_i \beta_j \varphi_j, \quad (2)$$

где:

d_i – коэффициент породного состава (доля рыбы i -й породы в пищевой части улова);

β_j – коэффициент направления рыбы i -й породы на изготовление j -го вида продукции;

φ_j – коэффициент выхода j -го вида рыбопродукции из рыбы i -й породы.

Величины коэффициентов d_i однозначно определяются районом рыболовства, а коэффициентов φ_j – технологическими инструкциями (нормами).

Матрица же коэффициентов β_j должна соответствовать оптимальному плану (X_{ij}) выпуска основных видов рыбопродукции. Оптимальный план (X_{ij}) может быть определен методом математического программирования и приведен ниже.

Для траулера-рыбозавода коэффициент φ характеризует степень обработки рыбы перед направлением ее на замораживание. Значения φ (по данным проектных расчетов) приведены в таблице.

В расчетах приняты одинаковыми породные составы уловов и номенклатура выпускаемой продукции для каждого района рыболовства.

ν – коэффициент соответствия производительности технологического оборудования траулера-рыбозавода его добывающей функции:

Значения коэффициентов φ (по данным проектных расчетов)

Тип судна	Район промысла			
	Лабрадор	Юго-Восточная Атлантика	Берингово море	Аляскинский залив
«Пионер Латвии»	0,554	0,812	0,768	0,592
«Кронштадт»	0,550	0,833	0,822	0,904
«Меридиан»	0,578	0,828	0,754	0,592
«Горизонт»	0,582	0,732	0,754	0,593
«Прометей»	0,489	0,738	0,888	0,878

$$\nu = q_{\sigma} / (1 - \beta y) q_b \quad (3)$$

(При эксплуатации, естественно, следует стремиться, чтобы «ню» приближалась к единице.);

q_{σ} – среднесуточное направление сырца на изготовление основных видов рыбопродукции.

Если $f(q)$ – плотность распределения суточного улова, то

$$q_b = \int_0^{q_0^{max}/(1-\beta y)} f(q) dq; \quad (4)$$

$$q_0 = (1 - \beta y) \left\{ \int_0^{q_0^{max}/(1-\beta y)} f(q) dq + q_0^{max} \int_{q_0^{max}/(1-\beta y)}^{\infty} f(q) dq \right\}; \quad (5)$$

q_0^{max} – максимально возможное направление сырца на изготовление основных видов рыбопродукции, зависящее от суммарной производительности технологических линий – Π^{max} , тогда

$$q_0^{max} = \Pi^{max} / \varphi \quad (6)$$

Обработка статистических данных по суточным уловам рыбодобывающих судов (траулеров) при работе их в разных районах рыболовства показывает, что характер и числовые характеристики плотности распределения суточных уловов зависят от большого числа факторов, основными из которых являются:

$$N_{пр} = TV_{тр} / 75 \quad (н.с.) \quad (7)$$

где:

T – тяга на тралении, упор винта, численно равный агрегатному сопротивлению движения трала и его оснастки (кг);

$V_{тр}$ – скорость траления (м/с);

промысловая обстановка (концентрация и поведение рыбы в районе промысла);

качества рыбопоисковой аппаратуры (объем просматриваемой аппаратуры), а также аппаратуры слежения за ходом рыбы к устью трала и наполнением ею его мешка.

На рис. 1 и 2 приведены эмпирические плотности распределения суточных уловов различных типов траулеров в районах

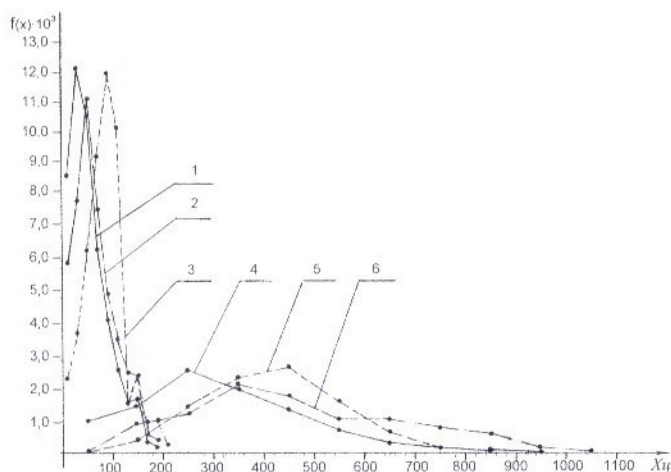


Рис. 1. Статистические плотности вероятности величины уловов за сутки лова различных типов траулеров в Новой Англии, Новой Шотландии (основные объекты лова – хек, треска, сельдь): 1 (СРТ-300) – математическое ожидание (средний улов за сутки лова) $Q = 55,8$ ц; дисперсия $D = 1560$; объем выборки $N = 1897$; 2 (СРТ-400) – $Q = 68,7$ ц, $D = 2050$, $N = 1829$; 3 (СРТМ-800) – $Q = 81,9$ ц; $D = 2410$; $N = 1197$; 4 (РТМ «Тропик» – $Q = 310$ ц; $D = 32200$; $N = 585$; 5 (БМРТ) – $Q = 415$ ц, $D = 18300$, $N = 542$; 6 (РТМ «Атлантик») – $Q = 463$ ц, $D = 43900$, $N = 341$

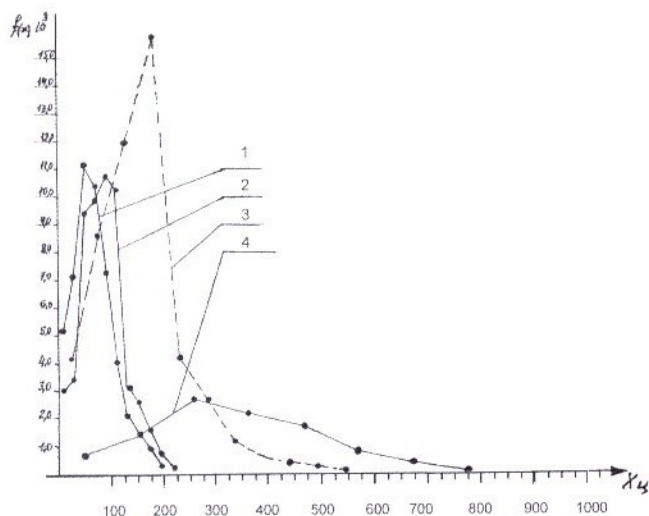


Рис. 2. Статистические плотности вероятности величины уловов за сутки лова различных типов траулеров в Баренцевом море (основной объект лова – треска): 1 (СРТ-300) – математическое ожидание (средний улов за сутки лова) $Q = 67,3$ ц; дисперсия $D = 1510$; объем выборки $N = 2417$; 2 (СРТ-400) – $Q = 82,0$ ц; $D = 1700$; $N = 831$; 3 (РТ-800) – $Q = 153$ ц; $D = 6900$; $N = 3104$; 4 (БМРТ) – $Q = 330$ ц; $D = 25700$; $N = 2320$

Новой Шотландии и Новой Англии, а также в Баренцевом море, построенные по статистическим выборкам 1968 г. Основными объектами лова в районах Новой Англии и Новой Шотландии (СЗА) были хек, треска и сельдь, а в Баренцевом море – треска.

Если принять выражение для среднесуточного улова траулера в виде:

$$q_b = pW \quad (8)$$

(как это сделано в работе [Чулков А.М. Проект методики сопоставительной оценки производственной производительности траулеров, совмещающих добывающие и обрабатывающие функции. Л.: ЦКБ «Восток», 1976]),

где:

m/p – промысловая плотность концентрации рыбы в районе лова (m^3);

W – технический эквивалент уловистости системы траулер – трал, определяемый как объем процеженной воды за сутки лова, то:

$$W = 24 \times V_{\text{ТР}} \times S \times K_1 \times K_2, \quad (9)$$

где:

$V_{\text{ТР}}$ – скорость траления;

S – площадь устья трала;

K_1, K_2 – см. работу [Чулков А.М. Модель внешней оптимизационной задачи при проектировании траулеров-рыбозаводов. СПб.: ГМТУ, 2005].

Формализация задачи определения оптимального плана выпуска продукции (пример)

Обозначим:

Π_{ij}^{max} – максимальная производительность линии производства j -го вида продукции из i -й породы рыбы;

S_j – цена j -го вида продукции из i -й породы рыбы;

C_j – себестоимость производства j -го вида продукции из i -й породы рыбы.

В результате применения изложенной схемы формулировка задачи становится следующей:

определить оптимальный план (X) направления рыбы на изготовление основных видов продукции при следующих условиях:

$$1) \sum X_{ij} = 1; \text{ для всех } i = 1, 2, \dots, m$$

$$\text{и } \sum_{ij} X_{ij} = m;$$

$$1 \geq X_{ij} \geq 0;$$

$$2) \Pi_{ij}^{\text{max}} \geq \Pi_{ij} = (1 - \beta y) d_{ij} \varphi_{ij} \times \left\{ \int_0^{q_{ij}^*} q f(q) dq + q_{ij}^* \int_{q_{ij}^*}^{\infty} f(q) dq \right\} \times X_{ij} \geq 0,$$

$$\text{где: } q_{ij}^* = \Pi_{ij}^{\text{max}} / (1 - \beta y) d_{ij} \varphi_{ij}.$$

$$3) \text{ Прибыль } \rightarrow \text{max, т.е. } \sum_{ij} \Pi_{ij} (S_{ij} - C_{ij}) \rightarrow \text{max}.$$

В заключение необходимо отметить, что настоящая модель прогнозирования производительности траулера-рыбозавода относится к внешней оптимизационной задаче при проектировании судов данного типа и позволяет сбалансировать величины, входящие в проектное задание; поскольку оптимальным считается такое проектное задание, которое позволяет вписать новый траулер в общую систему промысловых судов данного типа таким образом, чтобы эффективность всей системы повысилась.

Chulkov A.M.

Mathematical model for determining the efficiency of a trawler fish plant

In the paper a model is proposed for forecasting a trawler fish plant productivity. The model belongs to exterior optimization problem and allows to balance values being a part of design statement when designing vessels of the type. A design statement is considered optimal if it allows to go a new trawler with all the system of fishing vessels of this type so that the efficiency of the whole system would increase.