

неизвестно, для какого вида транспорта эти коэффициенты ставить. Тогда функция цели примет вид

$$Z_0 = \sum_i \sum_j c_{i,j} P_{i,j} + \sum_i \sum_j c_{i,j}^* P_{i,j}^* + \sum_i \sum_j \lambda_{i,j} x_{i,j} \rightarrow \min.$$

Поступила 8 октября 1986 г.

УДК 630*36 : 658.5.012.12

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫПУСКА МАШИНЫ ЛП-19

П. М. МАЗУРКИН, В. И. КРЕТИНИН, В. Н. СОЛОВЬЕВ,
В. И. ЗАГАЙНОВ, В. Г. БОБРОВ

Марийский политехнический институт
Йошкар-Олинский завод лесного машиностроения

В повышении уровня механизации лесозаготовок особую значимость имеет анализ важнейших технико-экономических показателей выпуска машин (себестоимость и трудоемкость изготовления и др.) в рамках действующего производства. Йошкар-Олинский завод лесного машиностроения с 1984 г. перешел на выпуск модели ЛП-19А. Для технической подготовки завода к выпуску качественно новой машины ЛП-19М необходимо оценить тенденции изменения основных технико-экономических показателей ЛП-19 и ЛП-19А. Цель данной статьи — описать многофакторные нелинейные регрессионные модели, полученные на основе обработки реальных производственных данных.

Хронограмма выпуска машины ЛП-19 по годам и месяцам показала, что число машин Z меняется по сложной поверхности отклика типа $Z = f(\Gamma, M)$ (где Γ — номер года: 1 — 1975 г.; 2 — 1976 и т. д.; M — номер месяца в году). По данным работы [5, с. 36], выпуск машин изменяется по нелинейной зависимости. Причем наиболее трудно математически описать этап начала освоения производства (1-й год выпуска).

После структурно-параметрической идентификации на ЭВМ ЕС-1020 получена модель вида

$$Z = (-9,505 + 10,2883\Gamma - 1,6769\Gamma^{-1,6097}) \times \\ \times (1,5572 + 0,5954M - 0,6006M^{0,9924}). \quad (1)$$

Показатель изменчивости остатков $V = 25,0\%$, среднее квадратичное отклонение $\sigma = 6,9$ шт. Начиная с момента $\Gamma = 2$, $M = 7$, модель (1) с достаточной точностью описывает фактические данные.

Отклонение $\Delta = 100(\hat{Z} - Z)/\hat{Z}$, где \hat{Z} — фактический месячный выпуск машин не превышает 26 %.

В модели (1) приведены два укрупненных фрейма (понятие по [1, с. 144]), которые взаимосвязаны. Факторы «год» и «месяц» нами определены по ранговой шкале на целочисленной оси [3, с. 155—159]. Известно, что дискретные задачи принятия решений имеют четкую алгебраическую структуру [8, с. 104]. Поэтому модель (1) можно использовать для анализа тенденции выпуска машин типа ЛП-19.

Функция $f(\Gamma)$ к 1983 г. (код 9) получила предел насыщения выпуска, что соответствует (по схеме [5, с. 36]) уровню стабилизации выпуска. Действительно, переход завода в 1984 г. на выпуск ЛП-19А оказался своевременным. Это позволило использовать внутренние резервы и в 1985 г. увеличить выпуск ЛП-19А до 525 шт. Однако этот результат достигнут за счет предельных усилий: производственная мощность завода загружена на 92 %. В табл. 1 приведены некоторые

Таблица 1

Данные для сопоставления
по выпуску валочно-пакетирующих машин

Год выпуска	Код Г	Фактические значения		Расчетные данные	
		Z _г , шт.	Тип машины	Z _г , шт	Δ, %
1976	2	100*	ЛП-19	98	+ 2,0
1977	3	200	»	219	— 8,7
1978	4	300	»	305	— 1,7
1979	5	357	»	374	— 4,8
1980	6	424	»	422	+ 0,5
1981	7	480	»	457	+ 4,8
1982	8	500	»	478	+ 4,4
1983	9	462	»	484	— 4,8
1984	10	491	421ЛП-19 + + 70ЛП-19А	477**	+ 2,9
1985	11	525	ЛП-19А	458**	+ 12,8
1990	16	(1 000)	(ЛП-19М)	183**	—

* В 1975 г. выпущено 20 машин, и модель (1) неадекватна для первого года выпуска. ** В пересчете на один тип машины — ЛП-19. В скобках указаны прогнозные значения.

сопоставительные данные годового выпуска Z_г, вычисляемого по формуле:

$$Z_g = f(\Gamma) \sum_{M=1}^{12} f(M). \quad (2)$$

Период упреждения экстраполяционного прогноза не должен превышать период основания прогноза [4], который в табл. 1 составляет 8 лет. Поэтому экстраполяция на 1990 г. возможна. Если бы завод не совершенствовал производственный аппарат, то можно бы ожидать значительного снижения выпуска.

Выпуск 1 000 машин ЛП-19М возможен только на основе коренной реконструкции завода.

Рассмотрим изменение себестоимости изготовления С и трудоемкости Н одной машины (табл. 2).

Таблица 2

Экономические показатели выпуска ЛП-19 и ЛП-19А

Год выпуска	Код Г	Тип Т	Фактические значения		Расчетные данные	
			\hat{C} , тыс. р.	\hat{H} , нормо-ч	С, тыс. р.	Н, нормо-ч
1975	1	1	37,005	2 181	35,586	2 183,6
1976	2	1	35,695	2 167	33,874	2 147,9
1977	3	1	32,309	1 945	30,603	2 103,3
1978	4	1	28,977	2 080	31,129	2 058,7
1979	5	1	28,008	2 080	30,321	2 014,2
1980	6	1	27,049	2 060	29,288	1 969,6
1981	7	1	25,947	2 020	28,057	1 925,0
1982	8	1	26,267	1 876	25,904	1 880,4
1983	9	1	25,605	1 680	23,372	1 835,9
1984	10	1,143*	25,500**	1 618	22,688	1 654,0
1985	11	2	24,377	1 571,6	25,320	1 492,2

* Среднее для двух типов $T_{10} = (421 \cdot 1 + 70 \cdot 2) / 491 = 1,143$. ** Среднее значение С по двум типам машин: 1 — ЛП-19; 2 — ЛП-19А.

После моделирования получены формулы:

для М1

$$C = (10,9588 - 2,6843 \exp(0,05381\Gamma)) \times \\ \times (1 + 0,1820\hat{Z}_T^{-0,2040}) (1 + 0,000964\hat{H})(1 + 0,2843T); \quad (3)$$

для М2

$$H = (1\,903,1 - 37,921\Gamma - 4\,218,51 \exp(-6,3260\Gamma)) \times \\ \times (1 + 0,1755\Gamma^{-5,3913}). \quad (4)$$

Кроме того, был вычислен тренд себестоимости изготовления ЛП-19 вида ($T = 1, F = 1,9$):

для М3

$$C_1 = 24,0662 + 18,6313 \exp(-0,2876(\Gamma + 0,07136)). \quad (5)$$

Регрессионные модели характеризуются статистическими показателями адекватности, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Модель	V, %	σ , тыс. р.	$ A_{max} $, %
М1	7,08	2,04	11,03
М2	4,60	8,91*	9,28
М3	2,34	0,68	3,81

* Единица измерения — нормо-час.

Данные показывают, что модель М3 с очень высокой точностью описывает изменение себестоимости изготовления ЛП-19. Однако эта модель неприемлема для прогноза, так как с 1984 г. выпускается ЛП-19А, а с 1989 г. будет выпускаться ЛП-19М.

В табл. 2 приведены расчетные значения C и H , полученные по М1 и М2.

Значения отклонений приведены в табл. 4.

Таблица 4

Γ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\Delta_c, \%$	3,84	5,10	5,28	-7,43	-8,26	-8,28	-8,13	1,38	8,72	11,03	-3,87
$\Delta_n, \%$	-0,12	0,88	-8,14	1,02	3,17	4,39	4,70	-0,24	-9,28	-2,22	5,05

Данные говорят о достаточно высокой адекватности М1 и М2. В 1985 г. себестоимость изготовления снизилась на 3,87% по сравнению с расчетной вследствие поставки машин со смазочными маслами худшего качества и др. Трудоемкость повысилась из-за освоения новой машины ЛП-19А. С доверительной вероятностью 70% можно прогнозировать значения C и H вплоть до 1996 г. (период основания прогноза по табл. 2 составляет 11 лет).

Ниже приведены прогнозные значения, полученные по моделям М1 и М2 (табл. 5) при $F = 16$ и $21, T = 2$ и 3 (ЛП-19М); $Z_T = 1\,000$ шт.; H в модели 1 рассчитывают по модели 2.

В соответствии с методикой [2] для ЛП-19М принят коэффициент сложности 1,5. Очевидно, существует минимальный предел стабилизации

Таблица 5

Результаты прогноза себестоимости и трудоемкости
изготовления машин ЛП-19А и ЛП-19М

Горизонт прогноза	Выпуск ЛП-19А до 1995 г.		Выпуск ЛП-19М с 1989 г.	
	С, тыс. р.	Н, нормо-ч	С, тыс. р.	Н, нормо-ч
1990	17,14	1 309,3	25,89	1 964,0
1995	7,77	1 106,8	11,55	1 660,2
Точность прогноза	± 2,04	± 89,1	± 3,06	± 134,0

С, Н для ЛП-19А и ЛП-19М. Для определения этого уровня, в соответствии с методикой [5], следует проводить дальнейшие исследования. Для этого требуется функционально-стоимостный анализ как самой конструкции машины [7], так и технологических процессов ее проектирования, изготовления, эксплуатации и утилизации [6].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кибернетика. Дела практические.— М.: Наука, 1984.— 176 с. [2]. Методика отработки конструкций на технологичность и оценки уровня технологичности изделий машиностроения и приборостроения.— М.: Изд-во стандартов, 1976.— 55 с. [3]. Николаев В. И., Брук В. М. Системотехника: методы и приложения.— Л.: Машиностроение, 1985.— 199 с. [4]. Рабочая книга по прогнозированию.— М.: Мысль, 1982.— 430 с. [5]. Сиваков Е. Р., Кирпичев В. И., Вывинский В. В. Системные исследования развития турбогенераторов.— Л.: Наука, 1984.— 200 с. [6]. Технико-экономический анализ машин и приборов.— М.: Машиностроение, 1985.— 248 с. [7]. Фатхутдинов Р. А. Стандартизация элементов функционально-стоимостного анализа эффективности машин.— М.: Изд-во стандартов, 1985.— 112 с. [8]. Юдин Д. Б., Юдин А. Д. Число и мысль.— М.: Знание, 1985.— Вып. 8: Математики измеряют сложность.— 192 с.

Поступила 9 февраля 1987 г.

УДК 630*378.7

ОЦЕНКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО «КАЧЕСТВА» РЕЕВОГО БОНА

В. В. ХУДОНОВ

Сибирский технологический институт

Наиболее экономичный способ подготовки рек — обонька сплавного хода преимущественно реевыми бонами. Это мероприятие позволяет снизить трудозатраты на молевом лесосплаве в 1,5—5 раз. Лесонаправляющие сооружения играют важную роль в успешной работе лесных рейдов, на первоначальном пучковом и микропучковом лесосплаве, они являются неотъемлемой частью оборудования всех лесосплавных процессов.

Наиболее целесообразно применение гидродинамически активных лесонаправляющих сооружений, дающих наибольший эксплуатационный эффект, выражающийся или в увеличении углов атаки бонов, или в снижении числа рей.

Данная работа посвящена оценкам комплексных показателей «качества» реевых бонов.

Введем следующие обозначения:

L, b, t_0 — длина, ширина и осадка бона;

l_p, t_p — длина и осадка рей;

i_p — число рей;