

УДК 621.74

Р.М. Фаррахов (асп., каф. ФХЛСиП), В.М. Голод, к.т.н., проф.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВОДОК ЛОПАСТЕЙ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Отливки гребных винтов на стадии затвердевания и остывания претерпевают значительное коробление. С целью получения минимального припуска на механическую обработку необходимо точное знание изменения геометрии лопастей винта в результате усадки.

Для выбора приемлемой статистической модели необходимо знать характер распределения моделируемой величины (величин).

С целью определения вида распределения поводок по данным Балтийского завода [1] рассмотрены винты (трехлопастные правого вращения). Была рассмотрена поводка 10 лопастей в семи сечениях на относительных радиусах r в пределах 0,4 до 0,95. Из катетов (расстояние от базовой плоскости до поверхности лопасти) определяли местный шаг для заданного сечения по двум точкам (10% и 90% длины хорды лопасти), а затем поводку ρ – искажение шага сечения отливки H_o по отношению к H_M модели: $\rho = \frac{H_M - H_o}{H_o} \cdot 100\%$, где ρ – поводка, H_M – шаг модели, H_o – шаг отливки.

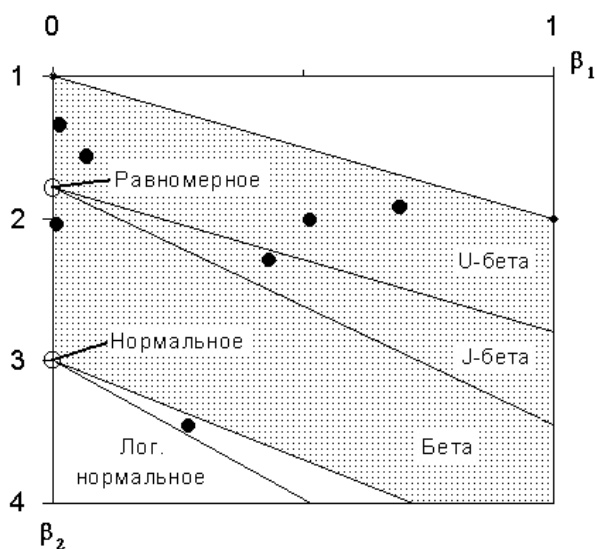


Рис.1. Область распределений различного типа в плоскости (β_1, β_2)

(H_{min}, H_{max}) .

Уравнение (1) имеет вид: $\rho = a \cdot r + b \cdot \bar{C}(r) + c \cdot \bar{H}(r) + d$. Значения коэффициентов для уравнения приведены в табл. 1 (R – коэффициент корреляции, σ – среднее квадратическое отклонение).

Таблица 1.

Коэффициенты модели по уравнению (1)

	Аргументы	a	b	c	d	R	σ
По совокупности точек	\bar{C}, \bar{H}	-5.51	2.49	-0.28	3.55	0.457	1.16
	C, H	-5.51	0.003	0.00019	-0.31		
По изменению моды	\bar{C}, \bar{H}	-2.447	0.653	3.424	-0.028	0.638	1.31

	С, Н	-2.447	0.00079	0.00227	-11.305		
--	------	--------	---------	---------	---------	--	--

В качестве исходных данных для второй модели использованы значения моды для выбранных радиусов (табл.1). Коэффициент корреляции, определенный для обеих моделей условно, для второй модели заметно выше.

Для сравнения был применен аппарат искусственных нейронных сетей в среде Statistica Neural Networks v.4.0.

На основе литературных данных был выбран многослойный перцептрон (MLP) с одним скрытым слоем, нейроны которого имеют гиперболическую функцию активации. После рассмотрения ряда методов обучения (обратного распространения ошибки, сопряженных градиентов и др.) выбран метод сопряженных градиентов. Была построена модель искажения шага сечения лопасти в зависимости от радиуса, теоретического шага и длины хорды сечения лопасти ($R = 0.646$; $\sigma = 0.99$). Сопоставление нейронной модели с уравнением (1) показывает существенное отличие (рис.2), при этом R нейронной модели значительно выше, σ - заметно меньше.

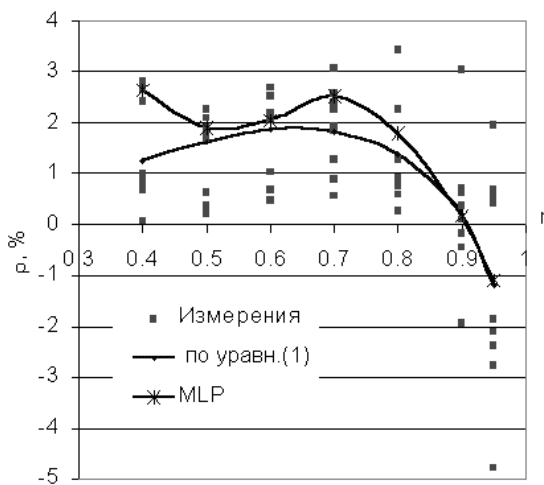


Рис.2. Сопоставление нейронной модели и уравнения (1), построенных по совокупности расчетных точек

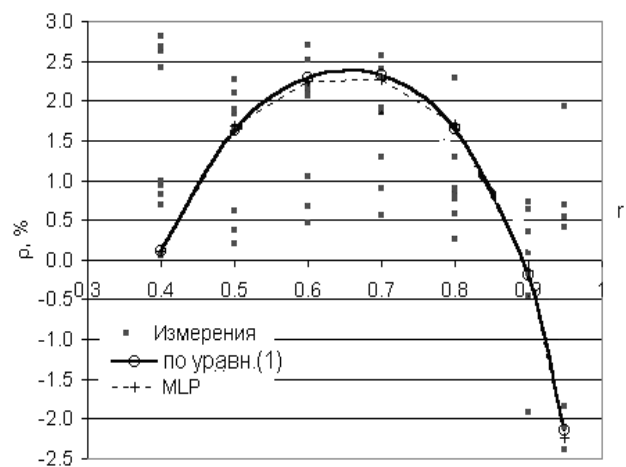


Рис.3. Изменения поводок по радиусу лопасти для моделей, полученных на основе мод

Нейронная модель, построенная по изменениям моды (рис.3), практически совпадает с уравнением (1), для построения которого использованы моды группировок, соответствующих различным радиусам, их R и σ отличаются незначительно.

Был проведён анализ для пятилопастных винтов, который показал, что выборка является недостаточной для получения статистически значимых результатов.

Таким образом, были построены различные модели, сравнение которых показывает, что использование нейронных сетей позволяет прогнозировать поводки с более высокой точностью по сравнению с «традиционными» моделями, при этом важное значение имеет учет характера распределения исходных данных, отличного от обычно используемого нормального распределения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Комиссаров А.П. Усадка ступицы и ее влияние на изменение шага сечений лопастей отливок гребных винтов из бронзы Бр.А9Ж4Н4 // Технология судостроения, №10, 1985. С.32-35.