

УДК 531.11

В.П. Квасников, д-р техн. наук, проф.,
Д.А. Тюпа, здобувач

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ИСПЫТАНИЙ АВТОНОМНОГО РУЛЕВОГО ПРИВОДА АРП-20Н

Розглянуті способи впливу на об'єкт оптимізації і побудована матриця проведення випробувань автономного кермового привода АРП-20Н. Визначені коефіцієнти регресії.

Ключові слова: промисловий експеримент, фактор, об'єкт дослідження, модель.

The Considered ways of the influence on optimized object and is built matrix of the undertaking the test autonomous helmsmen drive ARP-20N. Certain factors to regressions.

Keywords: industrial experiment, factor, object of the study, model.

Введение. Эксперимент занимает центральное место в науке. Однако возникает вопрос, насколько эффективно он используется. Джон Бернал, например, отмечал, что научные исследования организуются и проводятся настолько хаотично, что их коэффициент полезного действия может быть оценен величиной порядка 2%. Для того, чтобы повысить эффективность исследований, требуется нечто совершенно новое. Одним из возможных путей является применение математических методов, построение математической теории планирования эксперимента [1, с. 6...12].

При изготовлении и проведении испытаний гидроагрегатов одной из наиболее актуальных является задача повышения качества выпускаемой продукции. Для решения этой задачи создаются испытательные стенды обкатки, регулировки, приемосдаточных и периодических (ресурсных) испытаний гидроагрегатов.

При проектировании испытательных стендов необходимо использовать не только формальные (математические) методы управления сложными объектами, но и неформальные (экспертные) методы. Дело в том, что эксперт является таким же источником информации, как любой датчик, и, как всякий датчик, обладает своими особенностями, которые необходимо учитывать при его использовании. Сочетание формальных и неформальных методов и является спецификой управления сложными объектами.

Постановка задачи. Автономный рулевой привод АРП-20Н, предназначенный для отклонения руля высоты самолетов АН-148 и АН-158 по входному механическому сигналу управления при работе в резервном режиме системы штурвального управления самолета [2, с. 3...16].

При изготовлении агрегатов АРП-20Н производят эксперименты по повышению качества и надежности выпускаемой продукции.

Поиск оптимальных условий проведения эксперимента является одной из наиболее распространенных научно-технических задач. Они возникают в тот момент, когда установлена возможность проведения процесса и необходимо найти наилучшие (оптимальные в некотором смысле) условия его реализации.

Изложение основного материала. Рассмотрим способы воздействия на оптимизируемый объект АРП-20Н.

После того, как выбран объект исследования и параметр оптимизации, нужно включить в рассмотрение все существенные факторы, которые могут влиять на процесс. Если какой-либо существенный фактор окажется неучтенным, то это может привести к неприятным последствиям.

Фактором называется измеряемая переменная величина, принимающая в некоторый момент времени определенное значение. Факторы соответствуют способам воздействия на объект исследования.

Управлять фактором – это значит установить нужное значение и поддерживать его постоянным в течение опыта или менять по заданной программе. В этом состоит особенность "активного" эксперимента.

Для проведения эксперимента необходимо иметь возможность воздействовать на поведение объекта исследования. Все способы такого воздействия, показанные на рис. 1, мы обозначаем буквой x и называем факторами.

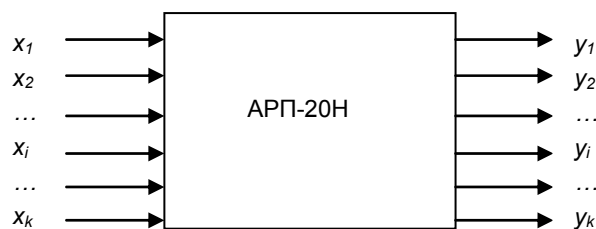


Рис 1. Схема описания объекта исследования

При решении задачи используем математические модели объекта исследования. Под математической моделью понимаем уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами. Это уравнение в общем виде можно записать так:

$$y = f(x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_k),$$

где символ f , как обычно в математике, заменяет слова: "функция от". Такая функция называется *функцией отклика*.

При планировании эксперимента важна *независимость* факторов, т. е. возможность установления фак-

тора на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Если это условие невыполнимо, то невозможно планировать эксперимент.

Эксперимент планируется для того, чтобы получить модель, обладающую некоторыми оптимальными свойствами. Это значит, что оценки коэффициентов модели должны быть наилучшими, и, что точность предсказания параметра оптимизации не должна зависеть от направления в факторном пространстве, ибо заранее неясно, куда предстоит двигаться в поисках оптимума [3, с.70...120].

Локальная область проведения эксперимента выбирается в два этапа: определение основного уровня и интервалов варьирования. Основной (нулевой) уровень – многомерная точка в факторном пространстве, задаваемая комбинацией уровней факторов. Построение плана эксперимента сводится к выбору экспериментальных точек, симметричных относительно основного уровня.

Следующий этап – выбор интервалов варьирования факторов. Для каждого фактора определяются два уровня, на которых он варьируется в эксперименте. Уровни факторов изображаются двумя точками на координатной оси, симметричными относительно основного уровня. Один из уровней – верхний, другой – нижний. Интервалом варьирования факторов называется некоторое число, прибавление которого к основному уровню дает верхний, а вычитание – нижний уровень [4, с.168...186].

Факторы, влияющие на процесс испытаний АРП-20Н:

- x_1 – давление рабочей жидкости на входе, МПа 21 ± 1 ;
- x_2 – температура рабочей жидкости на входе, °С 35 ± 10 ;
- x_3 – усилие, действующее на входное звено, кН не более 0,75;

Для упрощения записи условий эксперимента и обработки экспериментальных данных масштабы по осям задают так, чтобы верхний уровень соответствовал плюс 1, нижний –1, основной – нулю.

Выбор экспериментальной области факторного пространства связан с тщательным анализом априорной информации. Уровни факторов и интервалы варьирования приведен в таблице 1.

Таблица 1

Факторы	Уровни факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
x_1 – давление рабочей жидкости на входе, МПа	20	21	22	2
x_2 – температура рабочей жидкости на входе, °С	25	35	45	20
x_3 – усилие, действующее на входное звено, не более кН	0		0,75	0,75

Полный факторный эксперимент приведен в таблице 2.

Таблица 2

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	У
1	-	-	+	+	-	-	+	Y_1
2	+	-	-	-	-	+	+	Y_2
3	-	+	-	-	+	-	+	Y_3
4	+	+	+	+	+	+	+	Y_4
5	-	-	-	+	+	+	-	Y_5
6	+	-	+	-	+	-	-	Y_3
7	-	+	+	-	-	+	-	Y_7
8	+	+	-	+	-	-	-	Y_8

Полное число всех возможных эффектов равно числу опытов полного факторного эксперимента. Чтобы найти число возможных взаимодействий некоторого порядка, можно воспользоваться обычной формулой числа сочетаний

$$C_k^m = \frac{k!}{m!(k-m)!},$$

где k – число факторов, m – число элементов во взаимодействии.

Так для нашего случая число парных взаимодействий равно трем:

$$C_3^2 = \frac{3!}{2!1!} = 3,$$

Построив матрицу планирования осуществляют эксперимент. Получив экспериментальные данные, рассчитывают значения коэффициентов регрессии.

Значение свободного члена (θ_0) берут как среднее арифметическое всех значений параметра оптимизации в матрице:

$$\theta_0 = \frac{\sum_{u=1}^N Y_u}{N},$$

где Y_u – значения параметра оптимизации в u -м опыте; N – число опытов в матрице.

Линейные коэффициенты регрессии рассчитываем по формуле:

$$\theta_j = \frac{\sum_{iu=1}^N x_{iu} Y_u}{\sum_{iu=1}^N x_{iu}^2} = \frac{\sum_{iu=1}^N x_{iu} Y_u}{N},$$

где x_{iu} – кодированное значение фактора x_j в u -м опыте.

Одной из важнейших особенностей, связанных с планированием эксперимента, является повышенная требовательность к точности измерения при фиксировании факторов и при оценке значений критериев оптимизации в отдельных опытах. Исследователь должен уметь правильно определять и оценивать ошибки измерений.

Задачей измерения является не только определение значения самой измеряемой величины, но также и оценка погрешности, допущенной при измерении (ошибки измерения).

Выводы. Применение на практике вышеизложенных расчетов и построение модели эксперимента позволило сократить количество опытов при испытаниях автономного рулевого привода АРП-20Н, повысить качество и надежность выпускаемых агрегатов.

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. – М.: Металлургия, 1969. – 280 С. 2. 1994-01ТУ. Автономный рулевой привод АРП-20Н. Технические условия. ГП ХАКБ, Харьков: 2006. – 59 с. 3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. – 279 с. 4. Мантгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных. – Л.: Судостроение, 1980. – 384 с.