

Щеткин Борис Николаевич,
доктор технических наук. доцент,
профессор отделения высшего образования
Пермский филиал Волжский ГУВТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТАНОВКИ АКТИВНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Аннотация. В связи с разнообразием условий, возможности и необходимости получения моделей существует несколько существенно отличающихся друг от друга путей их получения.

Активный путь сбора экспериментальных данных для модели позволяет, во-первых, предусмотреть все необходимые режимы при эксперименте, во-вторых, рационализировать обработку и использование результатов.

Поведение судна при динамическом позиционировании имеет нелинейный характер, его предсказание с необходимой для управления судна точностью возможно преимущественно только при использовании в составе системы регулирования нелинейной математической модели, которая должна описывать состояние объекта в текущий момент времени и с опережением.

Ключевые слова: Система управления движением судна, модели, факторный (ПФЭ) и добрый факторный эксперимент (ДФЭ), рандомизация опытов.

Существуют планы, позволяющие получать линейные модели – это полный факторный эксперимент (ПФЭ) и добрый факторный эксперимент (ДФЭ).

Планы ПФЭ и ДФЭ применяются для получения статической модели и соответственно статической оптимизации процесса. Следовательно, как регистрацию результатов опытов, так и регистрацию результатов оптимизации необходимо осуществлять после окончания переходного процесса, возникающего при изменении факторов на входе процесса [4].

Статические объекты имеют переходной процесс, вида (рис. 1.).

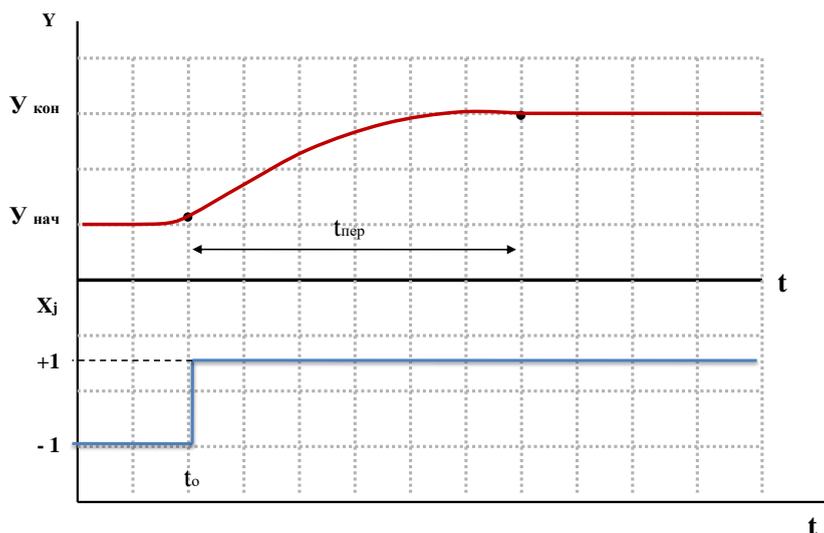


Рисунок 1. Переходной процесс в статистическом объекте



При изменении режима в момент времени t_0 начинается переходный процесс, который заканчивается через интервал времени $t_{пер}$. В течение этого времени выходная величина $У$ переходит из начального состояния $У_{нач.}$ в конечное $У_{кон.}$.

Обычно считают, что переходный процесс закончился, когда действительное значение $У$ мало отличается от $У_{кон.}$. $t_{пер}$ можно зафиксировать, если в течение опыта производить измерения выходного показателя. Если это невозможно нужно выполнить опыты с различным временем окончания опыта и построить кривую переходного процесса. Относительно точная фиксация необходима, если наблюдения результатов нельзя выполнять через большой интервал времени. Если эта возможность есть, лучше измерения проводить, приняв $t_{пер}$ с запасом в 20 – 30%. Это бывает нужным ещё и потому, что многие процессы, в том числе обогатительные, обладают нестационарностью переходных процессов. Вышеизложенное относится к непрерывным процессам.

Для периодических процессов продолжительность опыта сама является чаще всего независимым фактором и либо включается в план эксперимента в качестве варьируемого фактора, либо принимается постоянной для всего эксперимента и такой, при какой, по мнению исследователя, либо результатам предыдущих опытов, достигаются желаемые результаты процесса.

1. Учёт непрерывности изменения входных возмущающих воздействий.

Кроме выбранных нами для экспериментов факторов, на процесс влияют независимые от нас воздействия, приводящие или к непрерывности переходных режимов (отсутствию на объекте установившегося режима), или к изменению статистических (установившихся) результатов эксперимента во времени [3].

Примерами таких возмущений являются:

- а) использование некачественного топлива
- б) недостаточное количество масла, использование некачественного масла и т. д.
- в) попадание воды в цилиндры двигателя приводит к гидроудару, повреждению поршней, шатунов и других деталей.
- г) изменение характеристик измерительной и дозирующей аппаратуры

Всё это может привести к серьёзным отклонениям модели от истинной при, как угодно, тщательно спланированном эксперименте. Однако, есть некоторые возможности уменьшить влияние таких явлений.

2. Использование приведённых показателей.

При существующем режиме, возможно, предварительно изучить влияние мешающего воздействия, устранить изменение, которого в эксперименте мы не в состоянии, и получить закономерность вида:

$$y = c_0 + c_1 z + c_{11} z_1^2 \dots \quad (1)$$

где: $У$ – выходной показатель, Z – мешающее выходное воздействие, меняющееся независимо от нас и не вошедшее, поэтому в планируемые в эксперименте факторы.

Такое уравнение лучше получать в виде:

$$y = c_0 + c_1 (z - z_0) + c_{11} (z - z_0)^2 + \dots = c'_0 + c_1 \Delta z + c_{11} \Delta z^2 + \dots \quad (2)$$



где: z_0 – среднее (номинальное) значение мешающего входного воздействия, например, уменьшается плотность воздушного заряда, что приводит к ухудшению сгорания топлива и повышению его удельного расхода.

Очевидно, что при $z = z_0$ $y = c_0$ и в будущем должно выполняться равенство $c_0 = a_0$, где a_0 – свободный член модели

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (3)$$

Тогда при выполнении эксперимента фиксируется значение z_i в каждом опыте и вычисляется поправка к Y в виде

$$\Delta y_i = c_1\Delta z_i + c_{11}\Delta z_i^2 + \dots \quad (4)$$

В простейшем виде, линейном: $\Delta y_i = c_1\Delta z_i$

После этого в плане эксперимента вводится столбец для приведённого к номинальному по Z режиму, путём исправления наблюдаемых значений y_i на величину Δy_i

$$y_{прив} = y_i - \Delta y_i \quad (5)$$

после чего выполняется обычный расчёт и анализ модели для $y_{прив}$.

В полном виде модель после этого может быть записана так:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + c_1\Delta z \quad (6)$$

Таким образом, можно ввести в модель важнейшие в эксплуатации и качестве технического обслуживания факторы, как повышение температуры и влажности воздуха, снижение атмосферного давления, что уменьшают весовой заряд воздуха, поступающего в цилиндры, если они на данной установке неуправляемы [1].

Коэффициенты $c_1; c_{11} \dots$ в этом случае приходится получать по результатам пассивных экспериментов (см. регрессионный анализ).

3. Усреднение результатов наблюдений на некотором интервале времени

Относительно быстрое изменение мешающих факторов Z часто невозможно не заметить, не учесть. В этом случае целесообразно использовать средние значения, \dot{z}_i на каком-либо отрезке времени.

Практически это означает, что установленный для опыта режим не снимается после окончания переходных процессов, а сохраняется так долго, как необходимо для получения стабильных результатов. Выбор интервала времени T сохранения режима опыта определяется в первую очередь возможностью определений значений важнейших мешающих факторов, и во вторую – характером этих изменений и динамическими характеристиками объекта. Лучше всего найти интервал времени T , на котором все Z усредняются, и их не нужно учитывать, а затем переходить к приведенным значениям y . С этой точкой зрения, чем больше T , тем лучше. Это нужно понимать так, что, по-видимому, чем дольше мы удерживаем на непрерывном процессе режим опыта, тем лучше для результатов эксперимента, так сутки лучше двух часов.

Однако этот прием благоприятно сказывается лишь на высокочастотных случайных возмущающих, и совсем не помогает при помехах, непрерывно уменьшающихся или увеличивающихся в течение любого интервала наблюдения (износ двигателя). Кроме того,



экспериментальный режим не гарантирует достижения в конкретном опыте заданных показателей процесса (хотя в среднем за эксперимент они достигаются), и работа на неудачном режиме, например, в течение месяца, просто неприемлема.

Следовательно, интервал T должен быть все же не столь большим, чтобы существенно повлиять на результаты работы двигателя за какой-либо отчетный срок.

Опыт показал, что T , равное вахте или суткам с этой точки зрения приемлемо. Эти интервалы благоприятны еще тем, что на судне независимо от экспериментальных работ за такие интервалы получают данные как о важнейших возмущениях, так и о показателях процесса, что позволяет использовать эти данные непосредственно в расчетах, а данные о показателях, если они фиксируются нами, как контрольные.

4. Рандомизация опытов.

Целый ряд из перечисленных выше входных воздействий изменяется сравнительно медленно и на небольшую величину, которую технически нельзя измерить в условиях эксперимента. Такие изменения за сутки либо вахту усреднять нельзя. Неслучайный характер их изменения исключает эту возможность и на больших интервалах времени. Следовательно, целый ряд мешающих воздействий нельзя не измерить и учесть, не усреднить. Примерами таких воздействий может служить износ двигателя, изменение температуры окружающей среды, волнение при различной балльности и направлении, ветер, действующие на судно с определенной силой и т. п. [2].

Исключение их влияния на модель является рандомизация опытов, заключающаяся в искусственном переводе этих воздействий в категорию случайных и усреднением их влияния в масштабах всего эксперимента.

Суть рандомизации сводится к реализации опытов в случайной последовательности, а не так, как они записаны в исходных таблицах.

Для этого используют таблицу случайных чисел, либо случайным выбором номеров из имеющихся с помощью какого – либо генератора случайных чисел.

Эффектом рандомизации будет следующее явление.

Пусть изучаемый фактор X и мешающий Z влияют на объект согласно такой модели

$$y = a_0 + a_1x + c_1z, \quad (7)$$

причем воздействие Z неслучайным образом медленно в течение всего эксперимента меняется (например, стареет подготовленный реагент), так что результаты Y тоже меняются на величину Δy .

$$\Delta y = c_1 \Delta z \quad (8)$$

Если фактор X меняется, например, т. к. фактор X_3 в плане ПФЭ 2^3 , а приращение Δy отрицательно, то данные рандомизированных опытов дадут такую картину, как на (рис. 2).

Результаты от первого по выполнению опыта к последнему снижаются на величину Δy . Рандомизированные результаты изображены точками, а нерандомизированные – крестиками. Можно видеть, что при рандомизации мы хотя и получаем смещенную по сравнению с начальной характеристику (среднюю за эксперимент, это даже хорошо), но коэффициент a_1 находим неискаженным. Для нерандомизированного плана наблюдаем сильное искажение a_1 .

Влияние фактора Z при рандомизированном плане отразится просто в увеличении ошибки воспроизводимости, что также иллюстрирует рисунок 2.



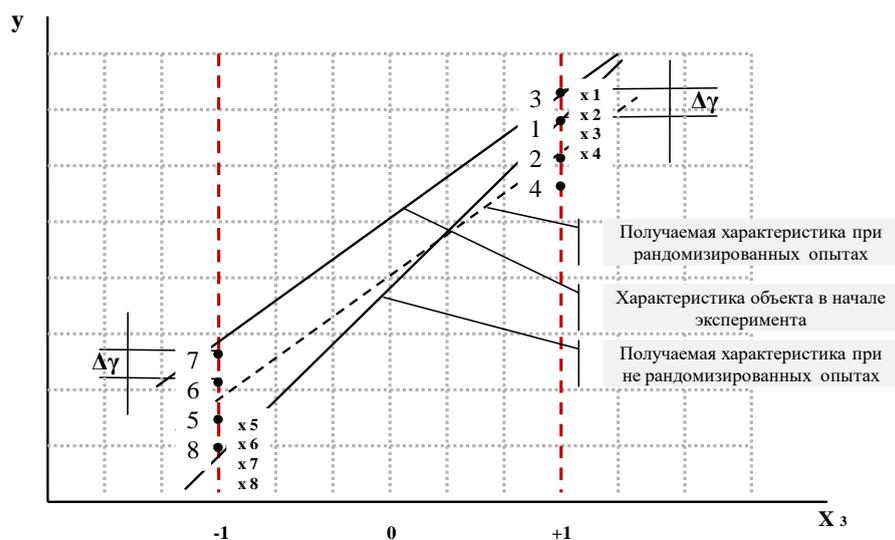


Рисунок 2. Влияние рандомизации на свойства модели.

Так, как очевидно, что на всех объектах можно наблюдать в большей или меньшей степени все виды входных возмущений, искажающих влияние изучаемых факторов, по-видимому, следует использовать все три способа борьбы с ними.

Рандомизация осуществляется на уровне составления плана и к ней следует прибегать всегда, независимо от анализа величины возможных помех, т. к. никакой дополнительной работы рандомизация не требует.

Усреднение также всегда чрезвычайно эффективно (если только не изучается специально динамика процесса), оно конечно, требует дополнительных затрат в первую очередь – времени, однако получаемый эффект – значительное снижение ошибки воспроизводимости вполне окупают эту работу, так как иначе полученная модель может оказаться непригодной для интерпретации и анализа.

Приведение – наиболее сложная из трёх рассматриваемых процедур. Её можно заменить чрезвычайно сильным усреднением и рандомизацией, однако, использование именно приведения позволяет получать наиболее содержательные модели, включающие как возмущающие, так и управляющие воздействия объекта [4].

Список литературы:

1. Лебедев О.Н. Двигатели внутреннего сгорания речных судов / О. Н. Лебедев, В.А. Сомов, С.А. Калашников. – М.: Транспорт, 1990. – 328 с.
2. Лукомский Ю.А., Корчанов В.М. Управление морскими подвижными объектами. – СПб, 1996.
3. Камкин С.В. Эксплуатация судовых дизелей / С. В. Камкин, И. В. Возницкий, В. П. Шмелев. – М.: Транспорт, 1990. – 344 с.
4. Щеткин Б.Н. Анализ и математическое моделирование и технико-эколого-экономической системы. – Пермь: ОГУП «Соликамская типография», 2014. – 290с.

