

Многомерный статистический контроль процессов

А.Л. Померанцев, О.Е. Родионова

В отечественной научно-технической литературе все чаще встречается выражение «многомерный статистический контроль процессов» — MSPC (*Multi-variate Statistical Process Control*).

MSPC — это современный подход к моделированию многомерных (многофакторных) процессов, основанный на применении проекционных математических методов, позволяющих выделять в больших массивах данных скрытые (*латентные*) переменные и анализировать связи, существующие в изучаемой системе. MSPC является естественным развитием подхода, известного как SPC (*Statistical Process Control*) — статистический контроль процессов, с переходом на более высокий уровень обработки накопленных данных.

Анализом каких процессов занимается MSPC? В первую очередь, конечно же, производственных. Однако он может быть полезен и для предприятий торговли, банковской и страховой сфер и т. д., т. е. там, где необходимо регулярно принимать решения, влияющие на эффективность деятельности предприятия. Под MSPC понимается многогранная деятельность, связанная с многофакторным мониторингом, моделированием и управлением процессами, которая направлена на стабилизацию функционирования предприятия, на повышение эффективности его работы и в конечном итоге на выпуск качественной продукции или оказание качественных услуг.

Контроль качества — это теперь модная тема, хотя сама по себе качественная работа для любого предприятия была актуальна всегда. Слово «качество» многозначно и широко употребляется как в быту, так и в специальной литературе. Например, «качество» является одним из синонимов слова «свойство» — т. е. неотъемлемая характеристика чего-либо. Зачастую понятие «качество» отражает субъективную оценку продукта или услуги.

Рассмотрим точку зрения производителя, для которого **качество** — это соответствие некоторому стандарту при минимуме затрат.

Именно достижению такого качества и служит многомерный статистический контроль процессов.

На предприятии можно выделить четыре основных уровня контроля качества.

Интуитивно-экспертный контроль. Существует на каждом предприятии, когда эксперт-технолог, в роли которого может выступать любое ответственное лицо, лично принимает решение о том, является ли произведенный продукт качественным или нет. Соответственно он же решает, какое воздействие нужно оказать на процесс, чтобы получить качественную продукцию. Такой подход, например, применяется в хорошем ресторане, где шеф-повар сам оценивает качество блюд и корректирует рецепты их приготовления. Этот уровень контроля оправдывает себя на небольших предприятиях, и только при наличии квалифицированного эксперта. Замена либо просто болезнь эксперта, могут привести к катастрофическому снижению качества продукции. Как только предприятие разрастается и один эксперт (или группа экспертов) уже не способен лично контролировать весь технологический процесс, предприятию необходимо перейти на другой уровень контроля качества.

Описательный контроль. При такой организации работы для каждого рабочего места существует инструкция, описывающая, что, как, с помощью каких инструментов необходимо делать, и регламентирующая точность выполнения определенных операций. Именно такой подход существует, например, на предприятиях быстрого питания (*fast-food*), в результате чего они по всему миру производят сходную по качеству продукцию. В настоящее время этот подход широко распространен, в частности, путем сертифика-

ции предприятий на соответствие требованиям стандарта ИСО 9001.

Статистический мониторинг. Методы SPC были предложены Шухартом [1] еще в начале 30-х годов, но широко внедряться на предприятиях они стали только с середины 50-х. В общих словах идея этого подхода заключается в следующем. На предприятии регулярно измеряются некоторые заранее определенные показатели технологического процесса. Если эти показатели колеблются внутри установленных пределов (критических уровней), то считается, что процесс управляем, если нет — управление нарушено и произошло событие, которое требует вмешательства для восстановления нормального функционирования. Для подобного мониторинга используются *контрольные карты Шухарта*, карты накопленных сумм и т. д. Карты заполняются прямо на производстве, поэтому выводы, сделанные с их помощью, позволяют, в случае необходимости, произвести немедленные действия.

Существует несколько причин, по которым описанные выше методы контроля являются необходимыми, но недостаточными мероприятиями для получения конечного продукта надлежащего качества. Во-первых, контролировать необходимо не только качество конечного продукта, но и сам производственный процесс. Во-вторых, контроль отдельных показателей, без их взаимосвязи либо не обеспечивает должного качества выходной продукции, либо чрезмерно завышает производственные показатели, приводя к многочисленным ложным тревогам.

Многомерный статистический контроль (MSPC). Производственный процесс — это сложная, многомерная система, которая характеризуется, как правило, десятками, сотнями, а то и тысячами показателей, и один человек не может одновременно отслеживать изменения каждого показателя. Возможны два решения этой проблемы. Во-первых, компьютер может сообщать оператору только о тех показателях, которые «выходят» за критическое значение. Во-вторых, можно использовать многомерные методы для составления обобщенных контрольных карт по *методу главных компонент*.

Многомерные методы контроля дают меньшее число ложных предупреждающих сигналов, кроме того, они являются мощным инструментом для анализа возможных внештатных ситуаций [2, 3]. Для того чтобы понять суть MSPC и, учитывая, что в данном подходе важную роль играет человек, его опыт, рассмотрим **пример моделирования действий капитана корабля**, который принимает все решения на судне и чьи указания выполняются беспрекословно.

Эффективность деятельности судоходной компании, занимающейся регулярными рейсовыми перевозками пассажиров и грузов, определяется, во-первых, точностью работы, т. е. строгостью выполнения расписания, а во-вторых, экономным использованием топлива, что напрямую зависит от квалифицированных действий капитана.

На одном из таких маршрутов достаточно продолжительное время собирались и записывались различные параметры, характеризующие процесс кораблевождения (таблица). Всего было 20 таких показателей (в таблице приведены лишь некоторые), среди них *неуправляемые и управляемые* переменные, а также переменные — *отклики*, характеризующие эффективность (качество) работы.

Математический анализ полученных данных показал, что эта система имеет не 20 степеней свободы, как можно было бы ожидать, а всего лишь 5. Иными словами, число независимых величин (не конкретных физических, а скрытых, «латентных», присущих только данной системе) меньше, чем число измеряемых характеристик. Это объясняется тем, что в системе имеются внутренние связи (*корреляции*) между показателями. Природа этих связей двойственна. С одной стороны, они порождаются объективными причинами — например, сила ветра и высота волны, очевидно связаны. С другой стороны, корреляции возникают и по субъективным причинам — ведь капитан не хаотично изменял значения управляемых переменных, а руководствовался определенными целями, что и приводило к появлению дополнительных достаточно жестких связей. В результате удалось построить математическую модель, зависящую от пяти латентных переменных, которая описывала поведение капитана корабля в широком диапазоне внешних условий. Если ввести в эту модель конкретные значения неуправляемых переменных, можно вычислить значения управляемых переменных, т. е. предложить капитану, какие режимы нужно выбрать, чтобы прийти в следующий пункт назначения вовремя при минимальном расходе топлива. С другой стороны, капитан и сам

| Порт | Неуправляемые параметры | | | | Управляемые параметры | | | Отклики | |
|--------------|-------------------------|-------|--------------|------------------|-----------------------|-------------------|--------------|-----------|----------------|
| | Погода | | Эксплуатация | | Движение | | | Итог | |
| | Ветер | Волны | Течение | Число пассажиров | Вес | Обороты двигателя | Осадка судна | Дифферент | Расход топлива |
| Bergen | 10 | 5 | 30 | 123 | 452 | 5000 | 25 | 10 | 120 |
| Larvik | 12 | 4 | 35 | 85 | 523 | 4500 | 40 | 5 | 150 |
| Molde | 8 | 5 | 25 | 142 | 384 | 5000 | 50 | 0 | 180 |
| Volda | 2 | 2 | 10 | 102 | 412 | 4500 | 20 | 5 | 190 |
| Alesund | 5 | 3 | 14 | 56 | 235 | 4000 | -50 | 5 | 120 |
| Molde | 2 | 1 | 2 | 86 | 141 | 4000 | -30 | 3 | 50 |
| Kristiansund | 1 | 5 | 3 | 140 | 120 | 4000 | -35 | 5 | 85 |
| Tromsø | 5 | 5 | 15 | 112 | 462 | 5000 | 20 | 8 | 320 |
| Molde | 6 | 6 | 3 | 50 | 385 | 4500 | -25 | 10 | 105 |
| Narvik | 7 | 6 | 6 | 75 | 225 | 4500 | -50 | 5 | 85 |
| Narvik | 8 | 7 | 5 | 94 | 302 | 3500 | -60 | 3 | 95 |

может ввести в систему значения управляемых параметров, чтобы получить оценку своих предполагаемых действий, например, узнать, сколько топлива он затратит.

Почему же удалось построить эту модель? Модель поведения *этого* капитана, управляющего *этим* кораблем в *этих* условиях, удалось построить только потому, что изучалась целенаправленная деятельность **опытного** капитана. Именно поэтому у изучаемой системы в результате оказалось не так уж много внутренних степеней свободы. Если бы вместо опытного капитана посадить, например, ребенка, который бы хаотично дергал за ручки и менял управляемые параметры, никакой модели создать бы не удалось, так как система не содержала бы в себе внутреннюю логику и число степеней свободы у нее было бы огромным. В то же время приходилось уговаривать капитана совершать подчас неразумные, с его точки зрения, действия, например, выходить дальше, чем обычно в открытое море, выбирать неправильный дифферент корабля и т. п. Такие данные необходимы для того, чтобы изучить поведение системы в максимально широком диапазоне условий — только тогда построенная модель будет адекватно описывать исследуемую систему.

Практическое применение этой системы дало ощутимые результаты — вопреки изрядному скептицизму, судоходная компания получила в итоге выгоду от ее использования. При этом следует обратить внимание на следующие принципиальные моменты: во-первых, никто не задавался целью убрать капитана с корабля — ставилась задача создания системы, которая будет давать лишь рекомендации; во-вторых, для решения использовались только простые, «формальные» модели, связывающие входные и выходные переменные, и не использовались сложные физические зависимости, описывающие воздействие различных сил на корабль, траекторию движения судна и т. д. В-третьих, не ставилась задача построения универсальной модели, описывающей действия любого капитана на любом судне, — речь шла лишь о вполне конкретном классе судов, курсирующих по определенному маршруту.

Нам кажется, что разобранный пример, при всей своей экзотичности, удачно иллюстрирует основную идею MSPC. Действительно, цель капитана — это достижение стандарта, т. е. прибытие в каждый порт вовремя при минимуме затрат, т. е. расхода топлива. Действия капитана, по сути, не сильно отличаются от действия технолога: есть неуправляемые, управляемые и выходные показатели, характеризующие режимы работы системы.

Зачем нужен MSPC? Это реальная альтернатива затратным методам повышения качества в условиях, когда предприятие не может купить новое оборудование, не имеет входное сырье со стабильными свойствами, не может установить дорогие контрольные приборы. Что же предлагает MSPC? Изучать, обобщать

и использовать свой собственный опыт в обычных условиях, на имеющемся оборудовании и с имеющимся сырьем. Этот подход можно сформулировать очень кратко, используя популярный теперь стиль слоганов.

Цель. Научиться у самих себя принимать правильные решения в различных ситуациях.

Средства. Регулярный сбор реальных показателей и их математический анализ.

Результат. Качество при снижении затрат на стабильном производстве.

Надо отметить, что MSPC — это не конкретная компьютерная программа, которую надо лишь купить и установить на предприятии. Это определенный подход, можно даже сказать, философия, требующая совместных усилий с одной стороны — специалистов, работающих на конкретном предприятии и хорошо знающих технологический процесс и его узкие места, а с другой — математиков, владеющих методами, позволяющими решать такого рода задачи. При этом в область совместной деятельности входят: постановка задачи, определение и сбор показателей, тестирование построенных моделей на производстве.

Для того чтобы понять существо некоторой системы или процесса, необходимо проводить измерения и сбор **данных**. Учитывая, что многомерный анализ данных вообще и MSPC в частности основываются не на функциональных (содержательных) моделях, а на формальном моделировании данных, вопрос о том, какие данные собирать, требует отдельного рассмотрения. Остановимся лишь на отдельных принципиальных моментах.

Все начинается с проведения большого числа измерений, т. е. со сбора данных (см. таблицу). В таблице каждый столбец содержит все значения одной переменной, а каждая строка (называемая *образцом*) — значения всех переменных для одного образца. Образцом может считаться и момент времени, и номер партии, и имя клиента, т. е. любое событие, характерное для исследуемой системы. Так, в рассмотренном примере образец — это перегон между двумя портами курса корабля.

Переменной может быть любая величина, характеризующая функционирование системы. Например, кислотность производимого напитка можно измерять количественно (pH), а можно определять качественно («сладкий», «полусладкий» и т. п.).

Собранные в таблицу необходимые данные еще не означают, что мы изучили явление, так как эту таблицу нужно проанализировать с помощью соответствующих методов, чтобы извлечь систематическую информацию. Если переменных немного, например две или три, то провести анализ можно традиционными методами, строя графики для двух- и трехмерных данных (рис. 1, 2). Как только таких показателей становится много, то необходимо применять многомерный анализ данных, который и лежит в основе MSPC.

Важно понимать, что исходные данные всегда содержат как существенную информацию, которую называют *сигналом*, так и случайную, которую называют *шумом*. Под шумом, в первую очередь, понимают ошибки измерений, индивидуальные особенности измеряемых образцов, ошибки моделирования и т. д. В рассматриваемом подходе к шуму относят также и систематическую информацию, не имеющую отношения к изучаемому процессу. Разделение данных на сигнал и шум — это центральная проблема моделирования, решение которой состоит в их правильном балансе [4]. С одной стороны, нельзя занижать уровень шума, т. е. излишне детализировать модель, так как в этом случае модель станет неустойчивой. С другой стороны, завышая шум, мы теряем содержательную часть данных, и модель лишается прогнозирующей силы. Методы многомерного анализа данных, во-первых, позволяют сравнительно просто управляться с большими массивами, а во-вторых, разделять сигнал и шум.

Для того чтобы построить модель, не только адекватно функционирующую в узком диапазоне условий, а способную моделировать различные процессы, например, при использовании сырья различного качества, необходим максимально широкий опыт. Неудачный опыт, выпуск брака нельзя выбрасывать из данных, так как эта информация тоже необходима для построения модели. Не надо проводить предварительный отбор образцов или переменных, выбирая из них наиболее существенные — это решается в процессе анализа системы. Переменные часто связаны между собой, и основная информация — сигнал — содержится как раз в этой самой системе связей. Если часть данных по какой-либо причине отбрасывается, то при этом мы рискуем потерять важную информацию.

Конечно, модель (сколь бы сложной она ни была) никогда не будет абсолютно точной. Но хорошая модель является эффективным инструментом для понимания, а значит, и для управления процессом. Для

построения такой модели необходимы информативные и доброкачественные данные.

Вернемся к схеме, характеризующей четыре уровня контроля качества. На примере с капитаном корабля мы видели, что наличие первого, интуитивно-экспертного уровня, является необходимым условием построения модели MSPC. Второй, описательный уровень тоже необходим, хотя, возможно, не в масштабе всего предприятия, а только для регламентирования процедуры сбора данных, описание должно исчерпывающе отвечать на следующие вопросы: что и когда измерять; кто производит измерения; в каком виде хранятся результаты. Третий уровень контроля — статистический мониторинг — дает ответы на все эти вопросы и подготавливает переход к MSPC, для которого нужно еще совсем немного — применить к имеющимся данным многомерный математический анализ, в основе которого лежит проекционный подход.

Опишем MSPC с точки зрения производителя и не будем отвлекаться на несущественные математические подробности, которые можно найти, например, в [5, 6], а постараемся передать суть проекционного подхода, используя геометрическую интерпретацию.

Начнем с простейшего примера: когда в системе имеются всего две измеряемые переменные, тогда собранные данные можно изобразить на плоскости (см. рис. 1). Каждой строке исходной таблицы (т. е. образцу) соответствует точка на плоскости переменных с соответствующими координатами. Введем новую ось (первый *главный компонент* — ГК1) так, чтобы вдоль нее происходило максимальное изменение данных, и спроецируем все точки на эту новую ось. Если предположить идеальную ситуацию, при которой значения сигнала расположены вдоль этой прямой, а разброс обусловлен шумом, то, проецируя исходные данные на ось ГК1, мы выделяем содержательную структуру данных и описываем ее всего одной новой переменной. А оставшуюся часть данных, которая не объясняется этим описанием, — расстояние от точки до новой оси — можно считать шумом. Этот шум

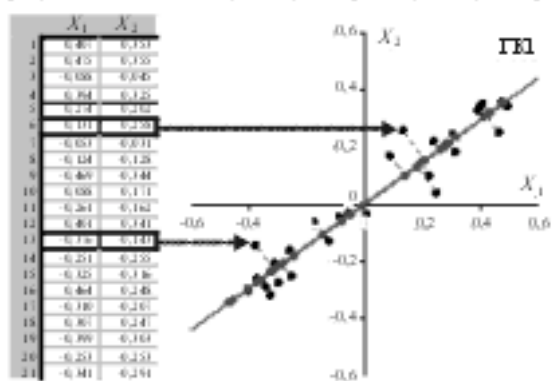


Рис. 1

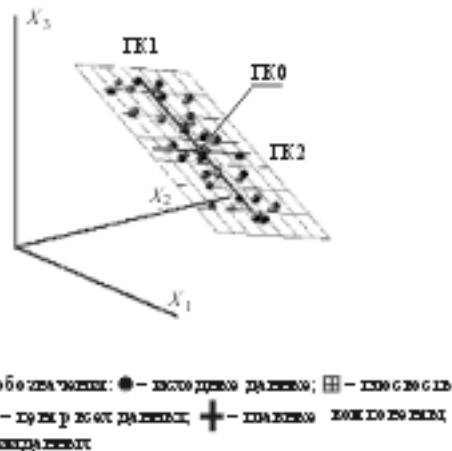


Рис. 2

можно анализировать дальше, ища в нем содержательную часть — второй главный компонент и т. д. до тех пор, пока шум уже не станет действительно шумом, т. е. случайным хаотическим набором величин.

В общем случае процесс проецирования проходит следующие этапы (см. рис. 2):

1) находится центр облака данных, и туда переносится новое начало координат — это нулевой главный компонент (ГК0);

2) выбирается направление максимального изменения данных — это первый главный компонент (ГК1);

3) если данные описаны не полностью (шум велик), то выбирается еще одно направление (ГК2) — перпендикулярное к первому, чтобы описать оставшееся изменение в данных и т. д.

В результате метод главных компонент представляет образцы в новом пространстве меньшей размерности. При этом не просто одна система координат заменяется другой, но и снижается уровень шума (т. е. влияния различных посторонних факторов) на систему. На рис. 2 показано уменьшение размерности системы с трех до двух, что не является существенным понижением размерности. Часто происходит уменьшение на порядки, например, с 300 исходных переменных до 3—5 главных компонент.

Пример контроля производственного процесса, построенный по данным, полученным на реальном химическом предприятии, но несколько упрощенный для иллюстративных целей. В течение некоторого времени исследовался технологический процесс (53 состояния системы — образца), который отслеживали 17 датчиков (переменных). Для каждого показателя были заданы верхняя и нижняя границы допустимых значений. Согласно SPC-подходу, у каждой переменной имеется своя контрольная карта (рис. 3). При выходе показателя за критический уровень оператору поступает предупреждающий сигнал.

Если бы переменных было мало, то такой подход не создавал бы проблем. Однако контролировать одновременно динамику изменения всех (в данном случае 17) переменных оператору трудно (рис. 4).

Простейший анализ позволяет сделать очевидные преобразования исходных данных:

1) сдвинуть каждую переменную так, чтобы среднее значение было равно нулю;

2) нормализовать каждую переменную так, чтобы привести их к общему критическому уровню, например ± 1 .

Подобные нехитрые преобразования, называемые в методе MSPC *подготовкой данных*, позволяют значительно упростить визуальное восприятие информации о процессе.

В результате оператор будет видеть на экране картинку, отражающую состояние системы в определенный момент времени (нормализованные показания

датчиков), которую уже легко контролировать (рис. 5). На ней значение каждой нормализованной переменной изображается столбиком диаграммы, высота которого меняется в ходе процесса. Здесь уже хорошо заметно, как далеко находится каждый показатель от критических уровней.

Однако такое преобразование не решает другую важную проблему, возникающую при контроле большого числа показателей, — как реагировать на предупреждающие сигналы. Среди 17 измеряемых переменных имеется несколько управляемых переменных. Если одна из них приближается к верхнему критическому уровню, то естественно ее уменьшить, если к нижнему — то увеличить. А как быть с неуправляемыми переменными, значения которых нельзя менять непосредственно? Здесь помогает то, что все показатели в системе связаны между собой. Например, чем выше температура, тем выше давление и т. п. Поэтому оператор может косвенно изменять неуправляемые переменные через регулирование управляемых. Вообще говоря, в подобных сложных системах, пронизанных внутренними связями, каждое действие оператора вызывает одновременное изменение всех показателей, причем не всегда желательное. В идеале для достижения требуемого результата необходимо строго дозированно менять значения всех контролируемых переменных одновременно, что практически невозможно. Отсюда возникают ошибки, приводящие к браку.

Наличие внутренних связей при обычном подходе к задаче управления вызывает проблемы, а для MSPC — это, наоборот, благо. При его применении используются проекционные методы, позволяющие выде-

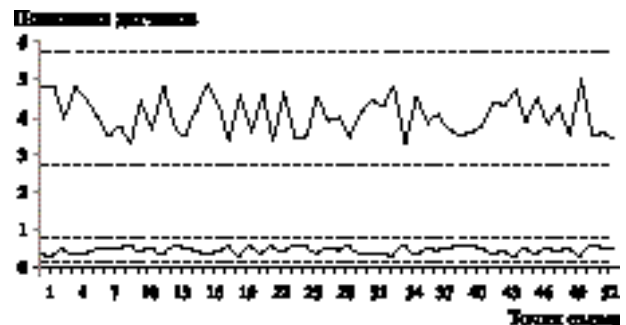


Рис. 3

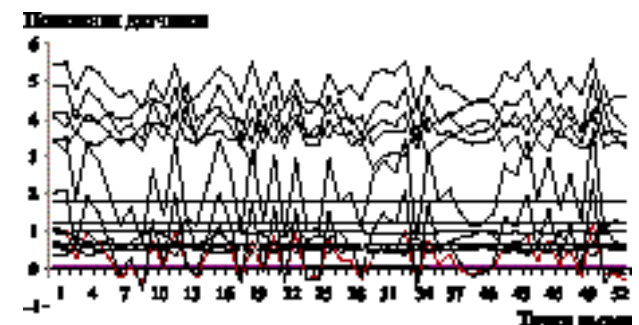


Рис. 4

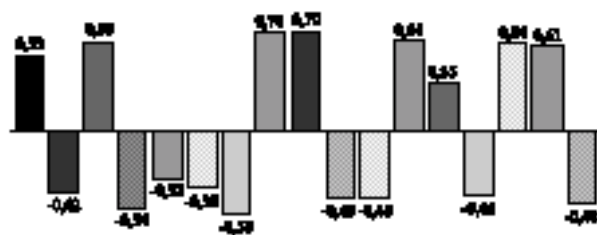


Рис. 5

лить обобщенные латентные переменные в системе. Так, в рассматриваемом примере оказалось, что его можно описать всего двумя главными компонентами. На рис. 6 изображены проекции всех 53 измеренных состояний системы (образцов) на плоскость двух главных компонент.

При этом уровень шума, т. е. доля необъясненных данных, равна всего 4%. Это означает, что каждое наблюдение — строка из 17 чисел — может быть восстановлено по двум значениям проекций на оси главных компонент с относительной точностью не хуже, чем 0,04. Кроме того, удалось установить однозначную связь между выходом значения какого-либо датчика за контрольный уровень и выходом точки на плоскости ГК за границы критического эллипса (см. рис. 6). Теперь оператор может следить за изменением положения точки, характеризующей состояние системы, на плоскости, что, разумеется, значительно проще.

Значительно упрощается и проблема управления. Оператор может управлять уже всего двумя «латентными» переменными, регулируя их при необходимости. При этом происходит одновременное синхронное изменение всех исходных, «физических» переменных. Между прочим, такой прием используется в неявном виде во многих сложных бытовых приборах, например в телевизионных приемниках, где пользователь имеет в своем распоряжении ограниченное число кнопок-регуляторов, управляющих большим числом физических, скрытых от него переменных. Для того чтобы такая система управления была удобна и эффективна, ее сначала необходимо настроить. Этот процесс носит название *калибровки* (или *градуировки*) — по аналогии с процедурой настройки измерительных приборов — поэтому многомерный анализ данных называют еще и многомерной калибровкой [7].

Прежде чем практически использовать построенную в ходе калибровки математическую модель, ее подвергают процедуре *проверки*, т. е. необходимо убедиться в том, что она способна правильно предсказывать состояния системы. Для этого измеряют и собирают новые (*проверочные*) данные об исследуемом процессе и используют построенную модель для предсказания этих значений. Если предсказанные вели-

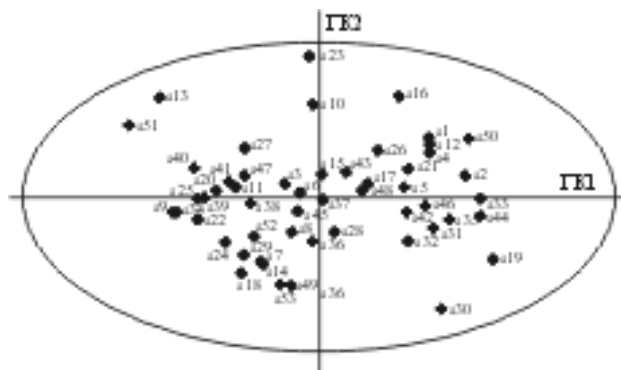


Рис. 6

ны незначительно отличаются от измеренных, то считают, что модель прошла проверку и может использоваться на практике. Если нет, то нужно проводить новую, уточняющую калибровку. Часто свойства моделируемой системы могут измениться резко (переход на новое сырье) или постепенно (износ оборудования). В этом случае построенная ранее модель становится непригодной и должна уточняться. При такой постановке задача MSPC является не одномоментной акцией, а целевой программой анализа и совершенствования качества работы предприятия.

В последнее десятилетие MSPC широко используется в мире в разнообразных областях промышленности для таких непрерывных процессов, как, например: контроль и прогнозирование качества газетной бумаги в зависимости от состава исходного сырья [5]; контроль качества производства меди и анализ состава примесей [5];

контроль качества бензина [6, 8].

Кроме того, MSPC применяется и в случаях, когда процесс состоит из отдельных стадий, и для получения качественной продукции необходимо контролировать кинетику процессов внутри одной или нескольких стадий, например:

контроль производства пекарских дрожжей [5];

контроль процесса полимеризации при производстве полиэтилена низкой плотности [9].

Выводы. MSPC — современный подход, используемый во всем мире для наблюдения за производственными процессами, улучшения их функционирования, повышения качества продукции и разработки новых технологий и продуктов. Математическое моделирование, применяемое в MSPC, основывается не на построении сложных физических (химических и т. п.) моделей, а на простом анализе входных и выходных данных. Процедура применения MSPC проходит через следующие основные стадии:

- 1) постановка задачи, построение плана наблюдений;
- 2) мониторинг процесса, сбор данных;
- 3) анализ данных, установление скрытых связей между показателями;
- 3) построение и проверка модели;

4) практическое применение модели для решения текущих задач;

5) анализ практики применения и корректировка модели.

Последние две стадии не являются одноразовыми, а должны применяться постоянно для достижения оптимальных производственных результатов.

MSPC представляет состояние производственного процесса в простой и наглядной форме и является логическим продолжением и развитием стандартных методов статистического контроля процессов. Этот подход позволяет добиваться устойчивых результатов даже на устаревшем оборудовании и при нестабильном качестве сырья. Возвращаясь к классификации уровней контроля качества, приведенной в начале статьи, можно заметить, что MSPC, в каком-то смысле, «замыкает круг», возвращая производство к исход-

ному «патриархальному» контролю, но на качественно и количественно ином системном уровне. Ни для кого не секрет, что интуитивно-экспертный контроль производства (бабушка на своей кухне) может дать высочайшее качество, не сравнимое с поточным производством. Используя MSPC, можно обобщить и математически формализовать индивидуальный, бесценный опыт каждого специалиста и тем самым распространить его на массовые производственные процессы. Нам кажется, что Россия с ее многочисленными опытными специалистами, способными обеспечивать стабильное производство в нестабильных условиях, является уникальным объектом для применения этого подхода. Именно здесь он должен принести наиболее впечатляющие результаты, тем более что затраты, связанные с внедрением MSPC, значительно ниже, чем, скажем, закупка нового оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shewhart W.A. Economic Control of Quality of Manufactured Product. — Van Nostrand, New York, 1931.
2. MacGregor J., Kourti Th. Statistical process Control of Multivariate Processes // Control Engineering Practice, 1995 (3), P. 403–413.
3. Kourti Th., MacGregor J. Recent Developments in Multivariate SPC Methods for Monitoring and Diagnosing Process and Product Performance // J. of Quality Technology. 1996 28 (4), P. 309–323.
4. Höskuldsson A. Prediction Methods in science and technology. Thor publishing, Denmark 1996.
5. Eriksson L., Johansson E., Kettaneh-Wold N., Wold S. Multi- and Megavariate Data Analysis, Umetrics AB, Umea, 2001.
6. Esbensen K.H. Multivariate Data Analysis — In Practice 4-th Ed., CAMO, 2000.
7. Martens H. and Næs T. Multivariate calibration, John Wiley & Sons, Chichester, 1989.
8. INFOMETRIX Newsletter 11-4/91. Rating octane of gasoline by Near Infrared Spectroscopy. Infometrix, Inc. Seattle, Washington USA.
9. Kourti Th., MacGregor J. Process analysis, monitoring and diagnostics, using multivariate projection methods. Chemom. Intell. Lab. Systems. 1995 (28), P. 3–21.

Наталья Григорьевна ТОМСОН —

ЛАУРЕАТ НАЦИОНАЛЬНОЙ ПРЕМИИ ИМЕНИ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

19 апреля 2002 г. в Российской академии государственной службы при Президенте Российской Федерации в рамках IV Всероссийского конгресса лучших менеджеров прошла возобновленная Петровская ассамблея, в ходе которой состоялась торжественная церемония награждения лауреатов Национальной премии имени Петра Великого 2002 г.

Премия ежегодно присуждается лучшим руководителям предприятий, городов и регионов страны, промышленникам и предпринимателям, государственным менеджерам высшего звена и ученым за личный вклад в развитие теории и практики управления.

Как обычно, инициатором акции выступил созданный в апреле 1999 г. общественный фонд «Лучшие менеджеры новой эпохи».

В этом году высокого звания — лучший менеджер России в рамках Национальной общественной премии имени Петра Великого удостоена директор РИА «Стандарты и качество» Н.Г. Томсон.