

6. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. – М.: Экономика, 2002. 768 с.
7. Кузык Б.Н., Кушлин В.И., Яковец Ю.В. Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование. М.: Изд-во «Экономика», 2008. 573 с.
8. Лясников Н.В., Дудин М.Н. Модернизация инновационной экономики в контексте формирования и развития венчурного рынка // Общественные науки. М.: Издательство «МИИ Наука», 2011. № 1. С. 278–285.
9. Секерин В.Д., Кузнецова О.С. Разработка стратегии управления инновационным проектом // Вестник Московской государственной академии делового администрирования. Серия: Экономика. – 2013. № 1 (20). – С. 129 – 134.
10. Яковлев В.М., Сенин А.С. Инновационному типу развития российской экономики нет альтернативы // Актуальные вопросы инновационной экономики. М.: Издательский Дом «Наука»; Институт менеджмента и маркетинга РАХН и ГС при Президенте РФ, 2012. № 1(1).
11. Baranenko S.P., Dudin M.N., Ljasnikov N.V., Busygin K.D. Using environmental approach to innovation-oriented development of industrial enterprises // American Journal of Applied Sciences.- 2014.- Vol. 11, No.2, - P. 189-194.
12. Dudin M.N. A systematic approach to determining the modes of interaction of large and small businesses // European Journal of Economic Studies. 2012. Vol. (2), № 2, P. 84–87.
13. Dudin M.N., Ljasnikov N.V., Kuznecov A.V., Fedorova I.Ju. Innovative Transformation and Transformational Potential of Socio-Economic Systems // Middle East Journal of Scientific Research, 2013. Vol. 17, № 10. P. 1434-1437.
14. Dudin M.N., Ljasnikov N.V., Pankov S.V., Sepiashvili E.N. Innovative foresight as the method for management of strategic sustainable development of the business structures // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Vol. 26, № 8. – P. 1086-1089.
15. Sekerin V. D., Avramenko S. A., Veselovsky M. Ya., Aleksakhina V. G. B2G Market: The Essence and Statistical Analysis // World Applied Sciences Journal 31 (6): 1104-1108, 2014

Построение однопараметрической, стохастической модели производственного процесса

к.э.н. доц. Мордасов Ю.П.

Университет машиностроения,

8-916-853-13-32, mordasov2001@mail.ru

Аннотация. Автором разработана математическая, стохастическая модель выполнения производственного процесса, зависящая от одного параметра. Проведена апробация модели. Для этого создана имитационная модель производственного, машиностроительного процесса с учетом влияния случайных возмущений-сбоев. Сравнение результатов математического и имитационного моделирования подтверждает целесообразность применения математической модели на практике.

Ключевые слова: технологический процесс, математическая, имитационная модель, оперативное управление, апробация, случайные возмущения.

Затраты на оперативное управление можно значительно сократить, разработав методику, позволяющую найти оптимум между затратами на оперативное планирование и потерями, которые получаются в результате рассогласования плановых показателей с показателями реальных производственных процессов. Это значит, найти оптимальную длительность прохождения сигнала в цепи обратной связи. Практически это означает сокращение количества расчётов календарных графиков запуска в производство сборочных единиц и за счёт этого экономию материальных ресурсов.

Ход производственного процесса в машиностроении носит вероятностный характер. Постоянное влияние непрерывно меняющихся факторов не даёт возможности предсказать на некоторую перспективу (месяц, квартал) ход производственного процесса в пространстве и времени. В статистических моделях календарного планирования состояние детали в каждый определённый момент времени должно задаваться в виде соответствующей вероятности (распределения вероятностей) нахождения её на различных рабочих местах. Вместе с тем необходимо обеспечить детерминированность конечного результата деятельности предприятия. Это, в свою очередь, предполагает возможность при помощи детерминированных методов планировать определённые сроки нахождения деталей в производстве. Однако опыт показывает, что различные взаимосвязи и взаимопереходы реальных производственных процессов многообразны и многочисленны. При разработке детерминированных моделей это создаёт значительные трудности.

Попытка учесть все факторы, влияющие на ход производства, делает модель громоздкой, и она перестаёт выполнять функции инструмента планирования, учёта и регулирования.

Более простым методом построения математических моделей сложных реальных процессов, зависящих от большого количества различных факторов, учесть которые трудно или даже невозможно, является построение стохастических моделей. В этом случае при анализе принципов функционирования реальной системы или при наблюдении её отдельных характеристик для некоторых параметров строят функции распределения вероятностей. При наличии высокой статистической устойчивости количественных характеристик процесса и их малой дисперсии результаты, получаемые с помощью построенной модели, хорошо согласуются с показателями функционирования реальной системы.

Основными предпосылками построения статистических моделей экономических процессов являются:

- чрезмерная сложность и связанная с ней экономическая неэффективность соответствующей детерминированной модели;
- большие отклонения теоретических показателей, получаемых в результате эксперимента на модели, от показателей реально функционирующих объектов.

Поэтому желательно иметь простой математический аппарат, описывающий влияние стохастических возмущений на глобальные характеристики производственного процесса (товарный выпуск продукции, объём незавершённого производства и т.д.). То есть построить математическую модель производственного процесса, зависящую от небольшого числа параметров и отражающую суммарное влияние множества факторов, имеющих различную природу, на ход производственного процесса. Главная задача, которую должен ставить перед собой исследователь при построении модели, не пассивное наблюдение за параметрами реальной системы, а построение такой модели, которая при любом отклонении под влиянием возмущений выводила бы параметры отображаемых процессов на заданный режим. То есть при действии любого случайного фактора в системе должен устанавливаться процесс, сходный к плановому решению. В настоящее время в автоматизированных системах управления эта функция в основном возложена на человека, который составляет одно из звеньев цепи обратной связи в управлении производственными процессами.

Обратимся к анализу реального производственного процесса. Обычно длительность планового периода (периодичность выдачи планов цехам) выбирается, исходя из традиционно сложившихся календарных интервалов времени: смена, сутки, пятидневка и т.п. Руководствуются при этом в основном практическими соображениями. Минимальная длительность планового периода определяется оперативными возможностями планируемых органов. Если производственно-диспетчерский отдел предприятия справляется с выдачей скорректированных сменных заданий цехам, то расчёт производится на каждую смену (то есть ежемесячно производятся затраты, связанные с расчётом и анализом плановых заданий).

Для определения числовых характеристик распределения вероятностей случайных воз-

мущений построим вероятностную модель реального технологического процесса изготовления одной сборочной единицы. Под технологическим процессом изготовления сборочной единицы здесь и в дальнейшем подразумевается последовательность операций (работ по изготовлению данных детали или узла), документально закреплённая в технологии. Каждая технологическая операция изготовления продукции в соответствии с технологическим маршрутом может быть выполнена только после предшествующей. Следовательно, технологический процесс изготовления сборочной единицы является последовательностью событий-операций. Под влиянием различных стохастических причин длительность выполнения отдельной операции может изменяться. В отдельных случаях операция может не выполняться в течение действия данного сменного задания. Очевидно, что эти события можно разложить на элементарные составляющие: выполнения и невыполнения отдельных операций, которым также можно поставить в соответствие вероятности выполнения и невыполнения.

Для конкретного технологического процесса вероятность выполнения последовательности, состоящей из K операций, можно выразить следующей формулой:

$$P(\xi = k) = (1 - P_{k+1}) \prod_{i=1}^k P_i, \quad (1)$$

где: P_i – вероятность выполнения i -ой операции, взятой отдельно;

i – номер операции по порядку в технологическом процессе.

Этой формулой можно пользоваться для определения стохастических характеристик конкретного планового периода, когда известны номенклатура запускаемой в производство продукции и перечень работ, которые должны быть выполнены в данном плановом периоде, а также их стохастические характеристики, которые определяются опытным путём. На практике перечисленным требованиям удовлетворяют только некоторые виды массового производства, обладающие высокой статистической устойчивостью характеристик.

Вероятность выполнения одной отдельно взятой операции зависит не только от внешних факторов, но также от конкретного характера выполняемой работы и от вида сборочной единицы.

Для определения параметров приведённой формулы даже при относительно небольшом наборе сборочных единиц, при малых изменениях номенклатуры выпускаемой продукции требуется значительный объём экспериментальных данных, что вызывает существенные материальные и организационные затраты и делает данный способ определения вероятности бесперебойного изготовления продукции малоприменимым.

Подвергнем полученную модель исследованию на предмет возможности её упрощения. Исходной величиной анализа является вероятность бесперебойного выполнения одной операции технологического процесса изготовления продукции. В реальных производственных условиях вероятности выполнения операций каждого вида различны. Для конкретного технологического процесса эта вероятность зависит:

- от вида выполняемой операции;
- от конкретной сборочной единицы;
- от изготавливаемой параллельно продукции;
- от внешних факторов.

Проведём анализ влияния колебаний величины вероятности выполнения одной операции на укрупнённые характеристики производственного процесса изготовления продукции (объём товарного выпуска, объём незавершённого производства и т.п.), определяемые с использованием данной модели. Целью исследования является анализ возможности замены в модели различных вероятностей выполнения одной операции средним значением.

Совместное влияние всех перечисленных факторов учитывается при вычислении средней геометрической вероятности выполнения одной операции усреднённого технологического процесса. Анализ современного производства показывает, что она колеблется незначительно: практически в пределах 0,9 – 1,0.

Наглядной иллюстрацией того, насколько низкой вероятности выполнения одной опе-

рации соответствует значение 0,9, является следующий абстрактный пример. Предположим, что нужно изготовить десять деталей. Технологические процессы изготовления каждой из них содержат по десять операций. Вероятность выполнения каждой операции равна 0,9. Найдём вероятности отставания от графика различного количества технологических процессов.

Случайное событие, заключающееся в том, что конкретный технологический процесс изготовления сборочной единицы отстанет от графика, соответствует невыполнению в этом процессе хотя бы одной операции. Оно противоположно событию: выполнению всех операций без сбоев. Его вероятность равна $1 - 0,9^{10} = 0,65$. Поскольку отставания от графика являются независимыми событиями, для определения вероятности отставания от графика различного количества технологических процессов можно воспользоваться распределением вероятностей Бернулли. Результаты вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Расчет вероятностей отставания от графика технологических процессов

к	$C_{10}^k 0,35^k 0,65^{10-k}$	Сумма
1	0,072	0,07
2	0,171	0,24
3	0,250	0,49
4	0,270	0,76
5	0,152	0,92
6	0,068	0,98
7	0,021	1,00
8	0,004	1,00
9	0,000	1,00
10	0,000	1,00

Из таблицы видно, что с вероятностью 0,92 от графика отстанут пять технологических процессов, то есть половина. Математическое ожидание количества отставших от графика технологических процессов будет равняться 6,5. Это значит, что в среднем от графика будут отставать 6,5 сборочных единиц из 10. То есть в среднем будут изготавливаться без сбоев от 3 до 4 детали. Автору неизвестны примеры такого низкого уровня организации труда в реальном производстве. Рассмотренный пример наглядно показывает, что накладываемое ограничение на величину вероятности выполнения без сбоев одной операции не противоречит практике. Всем перечисленным требованиям удовлетворяют производственные процессы механосборочных цехов машиностроительного производства.

Таким образом, для определения стохастических характеристик производственных процессов предлагается построить распределение вероятностей пооперационного выполнения одного технологического процесса, которое выражает вероятность выполнения последовательности технологических операций изготовления сборочной единицы через среднюю геометрическую вероятность выполнения одной операции. Вероятность выполнения K операций в этом случае будет равна произведению вероятностей выполнения каждой операции, умноженному на вероятность невыполнения остальной части технологического процесса, которая совпадает с вероятностью невыполнения $(K + 1)$ -ой операции. Этот факт объясняется тем, что если не выполнится какая-либо операция, то следующие за ней выполниться не могут. Последняя запись отличается от остальных, так как выражает вероятность полного прохождения без сбоев всего технологического процесса. Вероятность выполнения K первых операций технологического процесса однозначно связана с вероятностью невыполнения оставшихся операций. Таким образом, распределение вероятностей имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} P(\xi=0) &= p^0(1 - p), \\ P(\xi=1) &= p^1(1 - p), \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \quad (2)$$

$$P(\xi=i) = p^i(1-p),$$

$$\dots\dots\dots$$

$$P(\xi=n-1) = p^{n-1}(1-p),$$

$$P(\xi=n) = p^n,$$

где: ξ – случайная величина, количество выполнившихся операций;
 p – средняя геометрическая вероятность выполнения одной операции,
 n – количество операций в технологическом процессе.

Справедливость применения полученного, однопараметрического распределения вероятностей интуитивно видна из следующих рассуждений. Предположим, что мы вычислили среднее геометрическое значение вероятности выполнения одной i операции по выборке, состоящей из n элементов, где n достаточно велико.

$$P = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n p_i} = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m p_j^{l_j}}, \quad (3)$$

где: l_j – количество операций, имеющих одинаковую вероятность выполнения;
 j – индекс группы операций, имеющих одинаковую вероятность выполнения;
 m – количество групп, состоящих из операций, имеющих одинаковую вероятность выполнения;

$\omega_j = \frac{l_j}{n}$ – относительная частота появления операций с вероятностью выполнения p_j .

По закону больших чисел, при неограниченном количестве операций относительная частота появления в последовательности операций с определёнными стохастическими характеристиками стремится по вероятности к вероятности этого события. Откуда следует, что для двух достаточно больших выборок $\omega_j^1 = \omega_j^2$, значит:

$$\sqrt[n]{\prod_{j=1}^{m_1} p_j^{l_j^1}} \sim \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{m_2} p_j^{l_j^2}}, \quad (4)$$

где: m^1, m^2 – количество групп в первой и второй выборках, соответственно;

l_j^1, l_j^2 – количество элементов в группе первой и второй выборок, соответственно.

Отсюда видно, что если параметр рассчитан для большого количества испытаний, то он будет близок к параметру P , рассчитанному по данной достаточно большой выборке.

Следует обратить внимание на различную близость к истинному значению вероятностей выполнения различного количества операций технологического процесса. Во всех элементах распределения, кроме последнего, присутствует множитель $(1 - P)$. Поскольку величина параметра P находится в промежутке $0,9 - 1,0$, множитель $(1 - P)$ колеблется в пределах $0 - 0,1$. Этот множитель соответствует множителю $(1 - p_i)$ в исходной модели. Опыт показывает, что это соответствие для конкретной вероятности может вызвать ошибку до 300%. Однако на практике обычно интересуются не вероятностями выполнения какого-либо количества операций, а вероятностью полного выполнения без сбоев технологического процесса. Эта вероятность не содержит множитель $(1 - P)$, и, следовательно, её отклонение от действительного значения невелико (практически не более 3%). Для экономических задач это довольно высокая точность.

Построенное таким образом распределение вероятностей случайной величины является стохастической динамической моделью процесса изготовления сборочной единицы. Время участвует в ней неявно, как длительность одной операции. Модель позволяет определить вероятность того, что через некоторый промежуток времени (соответствующее количество операций) производственный процесс изготовления сборочной единицы не прервётся. Для механосборочных цехов машиностроительного производства среднее количество операций одного технологического процесса достаточно велико (15 – 80). Если рассматривать это число как базовое и считать, что в среднем при изготовлении одной сборочной единицы используется небольшой набор укрупнённых типов работ (токарные, слесарные, фрезерные и т.п.),

то полученное распределение можно с успехом применять для оценки влияния стохастических возмущений на ход производственного процесса.

Автором проводился имитационный эксперимент, построенный по этому принципу. Для генерации последовательности псевдослучайных величин, равномерно распределённых на отрезке 0,9 – 1,0, применялся датчик псевдослучайных чисел, описанный в работе [2, с. 379]. Программное обеспечение эксперимента написано на алгоритмическом языке КОБОЛ.

В эксперименте формируются произведения сгенерированных случайных величин, имитирующие реальные вероятности полного выполнения конкретного технологического процесса. Они сравниваются с вероятностью выполнения технологического процесса, полученной при использовании среднего геометрического значения, которое вычислялось для некоторой последовательности случайных чисел того же распределения. Среднее геометрическое значение возводится в степень, равную количеству множителей в произведении. Между двумя этими результатами вычисляется относительная разность в процентах. Эксперимент повторяется для различного количества множителей в произведениях и количества чисел, для которых вычисляется среднее геометрическое значение. Фрагмент результатов эксперимента приведен в таблице 2.

Таблица 2

Результаты имитационного эксперимента:
n – степень среднего геометрического значения; k – степень произведения

n	k	Произведение	Отклонение	k	Произведение	Отклонение	k	Произведение	Отклонение
10	1	0,9680	0%	7	0,7200	3%	13	0,6277	-7%
10	19	0,4620	-1%	25	0,3577	-1%	31	0,2453	2%
10	37	0,2004	6%	43	0,1333	4%	49	0,0888	6%
10	55	0,0598	8%	61	0,0475	5%	67	0,0376	2%
10	73	0,0277	1%	79	0,0196	9%	85	0,0143	2%
10	91	0,0094	9%	97	0,0058	0%			
13							1	0,9680	0%
13	7	0,7200	8%	13	0,6277	0%	19	0,4620	0%
13	25	0,3577	5%	31	0,2453	6%	37	0,2004	4%
13	43	0,1333	3%	49	0,0888	8%	55	0,0598	8%
13	61	0,0475	2%	67	0,0376	8%	73	0,0277	2%
13	79	0,0196	1%	85	0,0143	5%	91	0,0094	5%
13	97	0,0058	3%						
16				1	0,9680	0%	7	0,7200	9%
16	13	0,6277	2%	19	0,4620	3%	25	0,3577	0%
16	31	0,2453	2%	37	0,2004	2%	43	0,1333	5%
16	49	0,0888	4%	55	0,0598	0%	61	0,0475	7%
16	67	0,0376	5%	73	0,0277	5%	79	0,0196	2%
16	85	0,0143	4%	91	0,0094	0%	97	0,0058	4%
19	4	0,8157	4%	10	0,6591	1%	16	0,5795	-9%
19	22	0,4373	-5%	28	0,2814	5%	34	0,2256	3%
19	40	0,1591	6%	46	0,1118	1%	52	0,0757	3%
19	58	0,0529	4%	64	0,0418	3%	70	0,0330	2%
19	76	0,0241	6%	82	0,0160	1%	88	0,0117	8%
19	94	0,0075	7%	100	0,0048	3%			
22							4	0,8157	5%
22	10	0,6591	4%	16	0,5795	-4%	22	0,4373	0%
22	28	0,2814	5%	34	0,2256	5%	40	0,1591	1%
22	46	0,1118	1%	52	0,0757	0%	58	0,0529	8%
22	64	0,0418	1%	70	0,0330	3%	76	0,0241	5%

22	82	0,0160	4%	88	0,0117	2%	94	0,0075	5%
22	100	0,0048	1%						
25				4	0,8157	3%	10	0,6591	0%
25	16	0,5795	0%	72	0,4373	-7%	28	0,2814	2%
25	34	0,2256	9%	40	0,1591	1%	46	0,1118	4%
25	52	0,0757	5%	58	0,0529	4%	64	0,0418	2%
25	70	0,0330	0%	76	0,0241	2%	82	0,0160	4%
28	4	0,8157	2%	10	0,6591	-2%	16	0,5795	-5%
28	22	0,4373	-3%	28	0,2814	2%	34	0,2256	-1%
28	40	0,1591	6%	46	0,1118	6%	52	0,0757	1%
28	58	0,0529	4%	64	0,0418	9%	70	0,0330	5%
28	70	0,0241	2%	82	0,0160	3%	88	0,0117	1%
28	94	0,0075		100	0,0048	5%			
31							4	0,8157	2%
31	10	0,6591	-3%	16	0,5795	-5%	22	0,4373	-4%
31	28	0,2814	0%	34	0,2256	-3%	40	0,1591	4%
31	46	0,1118	3%	52	0,0757	7%	58	0,0529	9%
31	64	0,0418	4%	70	0,0330	0%	76	0,0241	6%
31	82	0,0160	6%	88	0,0117	2%	94	0,0075	5%

При постановке данного имитационного эксперимента преследовалась цель исследовать возможность получения при помощи распределения вероятностей (2) одну из укрупнённых статистических характеристик производственного процесса – вероятность выполнения без сбоев одного технологического процесса изготовления сборочной единицы, состоящего из K операций. Для конкретного технологического процесса эта вероятность равна произведению вероятностей выполнения всех его операций. Как показывает имитационный эксперимент, её относительные отклонения от вероятности, полученной с использованием разработанной вероятностной модели, не превышают 9%.

Поскольку в имитационном эксперименте использовано более неудобное, чем реальное, распределение вероятностей, то практические расхождения будут ещё меньше. Отклонения наблюдаются как в сторону уменьшения, так и в сторону превышения значения, полученного исходя из усредненных характеристик. Этот факт наводит на мысль, что если рассматривать отклонение вероятности бессбойного выполнения не отдельного технологического процесса, а нескольких, то оно будет значительно меньше. Очевидно, что оно будет тем меньше, чем больше технологических процессов будут рассматриваться. Таким образом, имитационный эксперимент показывает хорошее согласование вероятности выполнения без сбоев технологического процесса изготовления продукции с вероятностью, получаемой при использовании однопараметрической математической модели.

Кроме того, имитационные эксперименты проводились:

- для исследования статистической сходимости оценки параметра распределения вероятностей;
- для исследования статистической устойчивости математического ожидания числа выполнившихся без сбоев операций;
- для анализа методик определения длительности минимального планового периода и оценки рассогласования плановых и реальных показателей производственного процесса, при несовпадении во времени планового и производственного периодов.

Эксперименты показали хорошее соответствие теоретических данных, получаемых на основе применения методик, и эмпирических данных, получаемых с помощью имитации на

ЭВМ реальных производственных процессов.

На основе применения построенной математической модели автором разработаны три конкретных методики повышения эффективности оперативного управления. Для их апробации проводились отдельные имитационные эксперименты.

1. Методика определения рационального объёма производственного задания на плановый период.
2. Методика определения наиболее эффективной длительности оперативного планового периода.
3. Оценка рассогласования при несовпадении во времени планового и производственного периодов.

Литература

1. Мордасов Ю.П. Определение длительности минимального оперативного планового периода в условиях действия случайных возмущений / Экономико-математическое и имитационное моделирование с применением ЭВМ. – М: МИУ им. С. Орджоникидзе, 1984.
2. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. – М: Мир, 1975.

Переход от концентрации к диверсификации – эффективный путь развития экономики малого и среднего бизнеса

проф. Козленко Н. Н.

Университет машиностроения

Аннотация. В данной статье рассмотрена проблема выбора наиболее эффективного развития российских предприятий малого и среднего бизнеса с помощью перехода от стратегии концентрации к стратегии диверсификации. Рассмотрены вопросы целесообразности диверсификации, ее преимущества, критерии выбора пути диверсификации, приведена классификация стратегий диверсификации.

Ключевые слова: предприятия малого и среднего бизнеса; диверсификация; стратегическое соответствие; конкурентные преимущества.

Активное изменение параметров макросреды (изменение конъюнктуры рынка, появление новых конкурентов в смежных отраслях, рост уровня конкуренции вообще) зачастую приводит к невыполнению намеченных стратегических планов предприятий малого и среднего бизнеса, потерям финансово-экономической устойчивости предприятий из-за значительного разрыва между объективными условиями деятельности малых предприятий и уровнем технологии управления ими.

Основными условиями экономической стабильности и возможности сохранения конкурентных преимуществ является способность системы управления своевременно реагировать и изменять внутренние производственные процессы (менять ассортимент с учетом диверсификации, перестраивать производственно-технологические процессы, менять структуру организации, использовать инновационные инструменты маркетинга и менеджмента).

Исследование практики российских предприятий малого и среднего бизнеса производственного типа и сервисного обслуживания позволило выявить следующие особенности и базовые причинно-следственные связи, касающиеся современной тенденции перехода малых предприятий от концентрации к диверсификации.

Большинство компаний малого и среднего бизнеса начинают свою деятельность с небольших предприятий с одним видом бизнеса, обслуживающих местные или региональные рынки. В начале своей деятельности номенклатура продукции такой компании весьма ограничена, капитальная база ее слаба, а конкурентные позиции уязвимы. Обычно в стратегии таких компаний главное внимание уделяется росту объема продаж и доле рынка, а также