

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

ВСЕГДА ЛИ НУЖЕН КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ У ПОСТАВЩИКА?**DO WE ALWAYS NEED A SUPPLIER'S QUALITY CONTROL?**

Орлов Александр Иванович
д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н., профессор

Orlov Alexander Ivanovich
Dr.Sci.Econ., Dr.Sci.Tech., Cand.Phys-Math.Sci.,
professor

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, prof-orlov@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Чем выше достигнутый уровень качества, тем больше объем контроля - таков парадокс классической теории статистического контроля. Возможный выход состоит в переходе к выбору технической политики на основе экономических характеристик. Перекаладывание контроля на потребителя может быть экономически выгодно. Рассмотрены два варианта технической политики – увеличение объема партии и замена дефектных единиц продукции у потребителя

The higher the level of quality achieved, the greater the control size - this is the paradox of the classical theory of statistical control. A possible way out is to move to the technical policy based on economic characteristics. Shifting control to the consumer may be economically profitable. We have considered two variants of technical policy - increasing lot size and replacing defective product units at the consumer

Ключевые слова: КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА, СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Keywords: QUALITY CONTROL, STATISTICAL CONTROL, TECHNICAL POLICY, ECONOMIC CHARACTERISTICS

1. Введение

В технических регламентах, стандартах на продукцию различного уровня (международных, государственных, отраслевых, стандартах предприятия), технических условиях, другой нормативно-технической документации, относящейся к веществам, материалам, иным видам продукции, а также в договорах между поставщиками и потребителями обычно присутствуют разделы «Правила приемки и методы контроля». Поэтому, в частности, методы статистического контроля качества продукции являются важной составной частью статистических методов сертификации [1]. Имеется соответствующая вероятностно-статистическая теория [2, 3], посвященная анализу и синтезу (выбору) планов контроля. Однако эта теория является априори ограниченной - она вообще не предусматривает отказа от контроля, поскольку игнорирует возможность перехода на иную стратегию организации взаимоотношений поставщика и

потребителя, например, на стратегию технического обслуживания, при которой выходной контроль (т.е. у поставщика) не проводится, а обнаруженные потребителями дефектные изделия заменяются годными или ремонтируются. Основная идея настоящей статьи - обоснование необходимости включения теории статистического приемочного контроля в более широкую технико-экономическую теорию взаимоотношений поставщиков и потребителей и целесообразности перехода от контроля к техническому обслуживанию при повышении качества продукции.

2. Оценка снизу необходимого объема выборки

В теории статистического приемочного контроля качества продукции разработано много подходов к выбору планов контроля:

- на основе приемочного и браковочного уровней дефектности;
- исходя из предела среднего выходного уровня дефектности (при контроле с разбраковкой);
- с использованием экономических показателей, относящихся к предприятию (ГОСТ 24660-81);
- с использованием экономических показателей, относящихся к народному хозяйству в целом (см. модель Хальда в рекомендациях [4]);
- на основе принципа распределения приоритетов [5], и т.д.

Имеется обширная литература, посвященная обоснованию и сравнению этих подходов, разработке соответствующей математической теории и программного обеспечения [6-16]. Не углубляясь в эти проблемы, сосредоточим внимание на одном парадоксальном явлении: при повышении качества выпускаемой продукции теория рекомендует увеличивать объем контроля!

Действительно, при повышении качества выпускаемой продукции требования потребителя, очевидно, обеспечиваются все лучше.

Следовательно, должен уменьшаться браковочный уровень дефектности, т.е. то значение входного уровня дефектности, при котором вероятность приемки партии равна риску потребителя. Из всех планов с общим объемом контроля n единиц продукции минимум вероятности приемки партии (т.е. оперативной характеристики) достигается на одноступенчатом плане $(n; 0)$. (Согласно этому плану партия принимается тогда и только тогда, когда из n проверенных единиц продукции все оказываются годными.) Следовательно, из всех планов с общим объемом контроля n минимум браковочного уровня дефектности достигается также на плане $(n; 0)$.

В дальнейшем будем исходить из биномиальной модели выборки, согласно которой число дефектных единиц продукции в выборке объема n имеет биномиальное распределение с параметрами n и p , где p - входной уровень дефектности. Эта модель является приближением для модели простой случайной выборки из партии, согласно которой указанное число имеет гипергеометрическое распределение. Гипергеометрическая модель переходит в биномиальную, если объем партии безгранично возрастает, а доля дефектных единиц продукции в партии приближается к p . Методами вычислительной математики установлено, что если объем выборки составляет не более 10% объема партии, то биномиальное распределение хорошо приближает гипергеометрическое.

Примем обычное предположение о том, что риск потребителя равен 0,10. Браковочный уровень дефектности $p_{\text{бр}}$ для плана $(n; 0)$ определяется из условия

$$(1 - p_{\text{бр}})^n = 0,10.$$

Это соотношение дает возможность по заданному браковочному уровню дефектности $p_{\text{бр}}$ найти необходимый объем выборки:

$$n = \ln 0,10 / \ln (1 - p_{\text{бр}}) = - 2,30 / \ln(1 - p_{\text{бр}}).$$

Будем рассматривать технологический процесс с достаточно малым входным уровнем дефектности. Тогда нас будут интересовать малые значения браковочного уровня дефектности. Воспользуемся тем, что, как известно из стандартных курсов математического анализа, при малых x

$$\ln(1+x) = x + O(x^2).$$

Вторым слагаемым в правой части этой формулы можно пренебречь. Следовательно, необходимый объем выборки с достаточной точностью может быть найден по формуле

$$n = 2,30 / p_{бр}. \quad (1)$$

(Поскольку объем выборки – натуральное число, при конкретных расчетах надо, очевидно, правую часть округлить до ближайшего целого числа.) Например, при довольно низком качестве выпускаемой продукции можно задать $p_{бр} = 0,01$, т.е. потребовать, чтобы почти все (точнее, не менее 90%) партии, в которых дефектных единиц больше, чем 1 из 100, были забракованы и не достигли потребителя. Тогда объем контроля должен составлять не менее $n = 230$.

3. Основной парадокс теории статистического приемочного контроля

Как следует из сказанного выше, необходимый объем выборки, определяемый для какого-либо плана по заданному браковочному уровню дефектности $p_{бр}$, будет не меньше, чем для плана $(n; 0)$, т.е. не меньше, чем $2,30 / p_{бр}$. Таким образом, если достигнут достаточно высокий уровень качества, такой, что потребителю может попасть не более 1 дефектной единицы продукции из 10000, т.е. $p_{бр} = 0,0001$, то объем контроля должен быть не меньше $n = 23000$. Если же качество повысится в 100 раз, т.е. потребителю сможет попасть не более 1 дефектной единицы продукции из 1000000, то объем контроля и затраты на него возрастут также в 100 раз, и минимально необходимый объем контроля составит 2,3 миллиона единиц

продукции. Поскольку объем партий большинства видов продукции существенно меньше этого числа, то проведенные выше расчеты говорят о необходимости перехода на сплошной контроль.

Итак, выводы парадоксальны: если качество выпускаемой продукции не очень хорошее, то целесообразно проводить статистический (выборочный) контроль, если же качество возрастает, то объем контроля и затраты на него увеличиваются, вплоть до перехода на сплошной контроль. Если это возможно, т.е. контроль не является разрушающим. А если невозможно, то попадаем в тупиковую ситуацию - высокое качество не может быть подтверждено.

В реальных ситуациях объемы контролируемых выборок - единицы или десятки, но обычно отнюдь не сотни и тысячи. Если контролируются 100 изделий, то согласно формуле (1) браковочный уровень дефектности равен 2,3%. И это - предел для реально используемых объемов контроля. Следовательно, статистический приемочный контроль (в том числе выходной или входной) может быть применен для контроля лишь такой продукции, в которой из 50 изделий хотя бы одно дефектно. Для повышения качества необходимо использовать контрольные карты и другие методы статистического регулирования технологических процессов на предприятии. Недаром этим методам уделяется больше внимания в методических изданиях [17-19], чем собственно статистическому приемочному контролю.

4. От контроля к пополнению партии

Предлагаем рассмотреть простую идею: отказываемся от контроля вообще, но зато по первому требованию потребителя заменяем дефектную единицу продукции на новую. При этом экономим на контроле, но вместо этого тратим средства на замену продукции.

Замена продукции может проводиться различными способами. Для многих видов товаров народного потребления это делается с помощью системы гарантийных сроков и мастерских, через сеть розничной торговли и т.д.

Другой вариант - к партии поставляемой продукции добавляется некоторое количество единиц продукции для замены имеющихся, возможно, в ней дефектных единиц. Обсудим эту идею подробнее.

Пусть поставщик выпускает продукцию с известным ему уровнем дефектности p . Тогда число X дефектных единиц в партии объема N имеет биномиальное распределение с параметрами N и p . По теореме Муавра-Лапласа X не превосходит границы

$$D_0(t) = Np + t (Np(1 - p))^{1/2}$$

с вероятностью $\Phi(t)$, где Φ - функция стандартного нормального распределения с математическим ожиданием 0 и дисперсией 1 (при достаточно большом объеме партии N). Поскольку $\Phi(4) = 0,999968329$, то для практических целей достаточно положить $t = 4$, при этом более чем $D_0(4)$ дефектных единиц продукции попадет в партию лишь в 3 случаях из 100000.

Пусть C_0 - цена одной единицы продукции, C_1 - стоимость контроля одной единицы продукции (с исправлением дефектов при их обнаружении). Сравним сначала две стратегии отношений поставщика с потребителями: сплошной контроль (затраты C_1N) и пополнение партии $D_0(4)$ изделиями (затраты $C_0D_0(4)$). Вторая стратегия лучше, если

$$C_1N > C_0 (Np + 4 (Np(1-p))^{1/2}). \quad (2)$$

Поделим на C_0N , получим равносильное неравенство

$$C_1/C_0 > p + 4 (p(1-p))^{1/2} / N^{1/2}.$$

Поскольку $p(1-p)$ не превосходит $1/4$ при всех p , то из неравенства

$$C_1 / C_0 > p + 2 / N^{1/2} \quad (3)$$

вытекает неравенство (2). Ясно, что в случае, если

$$C_1 / C_0 > p,$$

неравенство (3) (а потому и неравенство (2)) выполняется при достаточно больших объемах партии. Например, если стоимость контроля составляет 10% от стоимости продукции (типовая ситуация в машиностроении), т.е. $C_1/C_0 = 0,1$, и при этом уровень дефектности $p = 0,01$, то неравенство (2) выполняется при

$$0,1 > 0,01 + 4 (0,01 * 0,99)^{1/2} / N^{1/2},$$

т.е. при $N > 19$.

5. Выгодно ли введение статистического контроля?

Имеет ли смысл поставщику вводить статистический (т.е. выборочный) контроль? Речь может идти лишь о контроле с разбраковкой, поскольку только в этом случае меняется доля дефектности в потоке партий, направляемых потребителям.

Пусть используется план $(n; 0)$ с приемочным уровнем дефектности, равным реально достигнутому предприятием входному уровню дефектности p . Тогда объем выборки определяется из условия

$$(1-p)^n = 0,95,$$

т.е.

$$n = \ln 0,95 / \ln (1 - p) = - 0,0513 / \ln (1 - p).$$

При малом p с достаточной для практики точностью

$$n = 0,05 / p.$$

С вероятностью $(1-p)^n = 0,95$ партия принимается, с вероятностью 0,05 подвергается разбраковке. В первом случае партия поступает к потребителю с тем же уровнем дефектности, что и до контроля, но при этом добавляются затраты на контроль, равные $C_1 n$. Партию необходимо

пополнить $D_0(4)$ изделиями (затраты $C_0D_0(4)$), общие затраты (в среднем на одну выпущенную партию) равны

$$0,95 (C_1n + C_0D_0(4)).$$

Во втором случае фактически проводится сплошной контроль с исправлением дефектов и затратами C_1N . Суммарные затраты при использовании выборочного контроля равны

$$0,95 (C_1n + C_0D_0(4)) + 0,05 C_1N .$$

Он более выгоден, чем отсутствие контроля (с добавлением «запасных» изделий), в случае

$$0,95 (C_1n + C_0D_0(4)) + 0,05 C_1N < C_0D_0(4),$$

что эквивалентно неравенству

$$19 C_1n + C_1N < C_0D_0(4).$$

Сравнение с формулой (2) показывает, что выборочный контроль является менее выгодным, чем сплошной (добавляется первое слагаемое в левой части последней формулы), и тем более весьма проигрывает в экономической эффективности по сравнению с отсутствием контроля.

Итак, введение статистического контроля не выгодно.

6. От системы контроля к системе технического обслуживания

Что выгоднее - сплошной контроль на предприятии или замена дефектных изделий, обнаруженных потребителями? Переключивание контроля на потребителей влечет потери, связанные с удовлетворением их претензий, но при малой доле дефектных изделий эти потери малы по сравнению с затратами на контроль.

Действительно, пусть W - средние потери поставщика, связанные с пропуском потребителю дефектной единицы продукции. Сюда входят, в частности:

- стоимость новой единицы продукции (при замене изделия или возврате оплаты) ;
- расходы системы распределения и гарантийного ремонта, включая издержки на устранение дефектов;
- потери из-за нежелательного изменения предпочтений потребителя;
- затраты на возмещение ущерба потребителя, страховые сборы, судебные издержки, и т.д. (методы оценки экономических показателей рассмотрены в рекомендациях [4]).

Потери W в несколько раз (по экспертной оценке - обычно в 5-10 раз) превышают расходы C_0 на изготовление единицы продукции. Кроме того, для быстрого решения проблем потребителей, связанных с обнаружением дефектов, необходима развитая система технического обслуживания.

Пусть изготовлена партия продукции объема N . Тогда расходы на сплошной контроль составляют C_1N . Пусть p - доля дефектных единиц продукции в партии. Тогда Np - математическое ожидание числа дефектных единиц продукции в партии, а WNp - математическое ожидание потерь. Если

$$WNp < C_1N, \quad p < C_1/W, \quad (4)$$

то выгоднее отказаться от сплошного контроля. При повышении качества, т.е. снижении доли дефектности, целесообразно переходить к устранению дефектов не на предприятии, а в системе технического обслуживания.

В формуле (4) участвуют математическое ожидание WNp . Реальные потери могут быть больше, но не намного. Как и выше, с помощью теоремы Муавра-Лапласа можно утверждать, что практически наверняка они не превышают $W D_0(4)$, а потому преимущество решения об отказе от контроля неоспоримо при

$$WD_0(4) < C_1N, p + 4(p(1-p))^{1/2} / N^{1/2} < C_1/W. \quad (5)$$

Аналогично выводу неравенства (3) заключаем, что неравенство (5) наверняка будет выполнено, если

$$p + 2 / N^{1/2} < C_1/W. \quad (6)$$

Пусть $C_1/W = 0,1$, выпускается партия объема $N = 1600$. Тогда согласно неравенству (6) отказ от контроля выгоден при $p < 0,05$.

Выше приведен базовый (простейший, исходный) метод сравнения различных систем взаимоотношений поставщиков и потребителей. Целесообразно дальнейшее его развитие.

Отметим в заключение, что реально статистический контроль качества продукции, осуществляемый поставщиком (выходной контроль), решает две основные задачи: обеспечение интересов потребителя и обнаружение разладок собственных технологических процессов (по результатам контроля последовательности партий). Как показано выше, для решения первой из этих задач он не всегда оптимален. Вторую также часто эффективнее решать с помощью иных методов, например, обнаруживать разладку технологических процессов с помощью контрольных карт [17-21]. Таким образом, область применения методов статистического приемочного контроля является довольно ограниченной [22]. Очевидно, однако, что нельзя исключать эти методы из арсенала менеджеров по качеству. Хотя бы потому, что он незаменимы при использовании разрушающих методов контроля.

7. Выводы

Основные научные результаты настоящей статьи таковы:

1. Сформулирован основной парадокс теории статистического приемочного контроля - повышение качества выпускаемой продукции приводит к увеличению объема контроля.

2. Предлагается способ разрешения этого парадокса на основе перехода от чисто технической политики выбора плана контроля к технико-экономической, основанной на сравнении по экономическим показателям систем контроля и систем технического обслуживания. А именно, предлагаем отказываться от контроля вообще, но зато по первому требованию потребителя заменять дефектную единицу продукции на новую.

3. Замена продукции может проводиться различными способами. В статье рассмотрено два способа. Первый - к партии поставляемой продукции добавляется некоторое количество единиц продукции для замены имеющихся в ней, возможно, дефектных единиц. Второй - дефектные единицы продукции заменяются у потребителя через ту или иную систему технического обслуживания - систему гарантийных сроков и мастерских, сеть розничной торговли и т.д.

4. Разработан базовый метод сравнения по экономическим показателям систем контроля и систем технического обслуживания, позволяющий выделить область экономического преимущества системы технического обслуживания по сравнению с системой контроля.

Отметим, что в более широком контексте вопросы статистического контроля качества рассмотрены, в частности, в соответствующих разделах монографий [23, 24, 25].

Литература

1. Орлов А.И. Сертификация и статистические методы (обобщающая статья) // Заводская лаборатория. 1997. Т.63. № 3. С.55-62.
2. Беляев Ю.К. Вероятностные методы выборочного контроля. - М.: Наука, 1975. - 408 с.
3. Лумельский Я.П. Статистические оценки результатов контроля качества. - М.: Издательство стандартов, 1979. - 200 с.
4. Рекомендации. Обоснование планов статистического приемочного контроля по альтернативному признаку при минимизации суммарных затрат. - М.: Издательство стандартов, 1985. - 14 с.

5. Лapidус В.А., Розно М.И., Глазунов А.В. и др. Статистический контроль качества продукции на основе принципа распределения приоритетов. - М.: Финансы и статистика, 1991. - 244 с.
6. Коуден Д. Статистические методы контроля качества / Пер. с англ. - М.: Физматгиз, 1961. - 623 с.
7. Шиндовский Э., Шюрц О. Статистические методы контроля производства / Пер. с нем.. - М.: Издательство стандартов, 1969. - 544 с.
8. Гнеденко Б.В. Математика и контроль качества продукции. - М.: Знание, 1978. - 64 с.
9. Адлер Ю.П. Управление качеством: статистический подход. - М.: Знание, 1979. - 49 с.
10. Мхитарян В.С. Статистические методы в управлении качеством продукции. - М.: Финансы и статистика, 1982. - 119 с.
11. Адлер Ю.П., Розовский Б.Л. Оперативное статистическое управление качеством. - М.: Знание, 1984. - 55 с.
12. Орлов А.И. Об оптимизации выборочного контроля качества продукции // Стандарты и качество. 1989. № 3. С.91-94.
13. Государственная приемка продукции. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 400 с.
14. Кравченко Г.Г., Орлов А.И. О статистическом приемочном контроле порошкообразных материалов // Надежность и контроль качества. 1991. №2. С.37-39.
15. Орлов А.И. Двойственность понятий в статистическом приемочном контроле // Надежность и контроль качества. 1991. №10. С.22-26.
16. Орлов А.И. Математическое обеспечение сертификации: сравнительный анализ диалоговых систем по статистическому контролю // Заводская лаборатория. 1996. Т.62. № 7. С.46-49.
17. Браунли К.А. Статистическая теория и методология в науке и технике. - М.: Наука, 1977. - 407 с.
18. Статистические методы повышения качества / Под ред. Х. Кумэ / Пер. с англ. - М.: Финансы и статистика, 1990. - 301 с.
19. Мердок Дж. Контрольные карты / Пер. с англ. - М.: Финансы и статистика, 1986. - 132 с.
20. Митрохин И.Н., Орлов А.И. Обнаружение разладки с помощью контрольных карт // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. Т.73. №5. С.74-78.
21. Орлов А.И., Шаров В.Д. Выявление отклонений в контроллинге (на примере мониторинга уровня безопасности полетов) // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №01(095). С. 184 – 203. – IDA [article ID]: 0951401008. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/08.pdf>.
22. Орлов А.И. Всегда ли нужен контроль качества продукции? // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1999. Т.65. №11. С. 51-55.
23. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений. Учеб. для вузов. - М.: КноРус, 2011. - 568 с.
24. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование : учебник : в 3 ч. Ч.3. Статистические методы анализа данных. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. - 624 с.
25. Орлов А.И. Эконометрика. Учебник для вузов. Изд. 3-е, переработанное и дополненное. - М.: Изд-во «Экзамен», 2004. – 576 с.

References

1. Orlov A.I. Sertifikacija i statisticheskie metody (obobshhajushhaja stat'ja) // Zavodskaja laboratorija. 1997. Т.63. № 3. S.55-62.

2. Beljaev Ju.K. Veroyatnostnye metody vyborochnogo kontrolja. - M.: Nauka, 1975. - 408 s.
3. Lumel'skij Ja.P. Statisticheskie ocenki rezul'tatov kontrolja kachestva. - M.: Izdatel'stvo standartov, 1979. - 200 s.
4. Rekomendacii. Obosnovanie planov statisticheskogo priemchnogo kontrolja po al'ternativnomu priznaku pri minimizacii summarnyh zatrat. - M.: Izdatel'stvo standartov, 1985. - 14 s.
5. Lapidus V.A., Rozno M.I., Glazunov A.V. i dr. Statisticheskij kontrol' kachestva produkcii na osnove principa raspredelenija prioritetov. - M.: Finansy i statistika, 1991. - 244 s.
6. Kouden D. Statisticheskie metody kontrolja kachestva / Per. s angl. - M.: Fizmatgiz, 1961. - 623 s.
7. Shindovskij Je., Shjunc O. Statisticheskie metody kontrolja proizvodstva / Per. s nem.. - M.: Izdatel'stvo standartov, 1969. - 544 s.
8. Gnedenko B.V. Matematika i kontrol' kachestva produkcii. - M.: Znanie, 1978. - 64 s.
9. Adler Ju.P. Upravlenie kachestvom: statisticheskij podhod. - M.: Znanie, 1979. - 49 s.
10. Mhitarjan V.S. Statisticheskie metody v upravlenii kachestvom produkcii. - M.: Finansy i statistika, 1982. - 119 s.
11. Adler Ju.P., Rozovskij B.L. Operativnoe statisticheskoe upravlenie kachestvom. - M.: Znanie, 1984. - 55 s.
12. Orlov A.I. Ob optimizacii vyborochnogo kontrolja kachestva produkcii // Standarty i kachestvo. 1989. № 3. S.91-94.
13. Gosudarstvennaja priemka produkcii. - M.: Izdatel'stvo standartov, 1989. - 400 s.
14. Kravchenko G.G., Orlov A.I. O statisticheskom priemchnom kontrole poroshkoobraznyh materialov // Nadezhnost' i kontrol' kachestva. 1991. №2. S.37-39.
15. Orlov A.I. Dvojstvennost' ponjatij v statisticheskom priemchnom kontrole // Nadezhnost' i kontrol' kachestva. 1991. №10. S.22-26.
16. Orlov A.I. Matematicheskoe obespechenie sertifikacii: sravnitel'nyj analiz dialogovyh sistem po statisticheskomu kontrolju // Zavodskaja laboratorija. 1996. T.62. № 7. S.46-49.
17. Braunli K.A. Statisticheskaja teorija i metodologija v nauke i tehnikе. - M.: Nauka, 1977. - 407 s.
18. Statisticheskie metody povyshenija kachestva / Pod red. H. Kumje / Per. s angl. - M.: Finansy i statistika, 1990. - 301 s.
19. Merdok Dzh. Kontrol'nye karty / Per. s angl. - M.: Finansy i statistika, 1986. - 132 s.
20. Mitrohin I.N., Orlov A.I. Obnaruzhenie razladki s pomoshh'ju kontrol'nyh kart // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 2007. T.73. №5. S.74-78.
21. Orlov A.I., Sharov V.D. Vyjavlenie otklonenij v kontrolingе (na primere monitoringa urovnja bezopasnosti poletov) // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №01(095). S. 184 – 203. – IDA [article ID]: 0951401008. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/08.pdf>.
22. Orlov A.I. Vsegda li nuzhen kontrol' kachestva produkcii? // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 1999. T.65. №11. S. 51-55.

23. Orlov A.I. Organizacionno-jekonomicheskoe modelirovanie: teorija prinjatija reshenij. Ucheb. dlja vuzov. - M.: KnoRus, 2011. - 568 s.
24. Orlov A.I. Organizacionno-jekonomicheskoe modelirovanie : uchebnik : v 3 ch. Ch.3. Statisticheskie metody analiza dannyh. - M.: Izd-vo MGTU im. N.Je. Baumana, 2012. - 624 s.
25. Orlov A.I. Jekonometrika. Uchebnik dlja vuzov. Izd. 3-e, pererabotannoe i dopolnennoe. - M.: Izd-vo «Jekzamen», 2004. – 576 s.