

УДК 303.732.4

**МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ МОМЕНТОВ
ВЫПУСКА НОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОДУКЦИИ
НА РЫНОК**

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

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

Одна из важных задач маркетинга – выбор моментов выпуска новых моделей (марок) продукции на рынок. В статье впервые в научной периодике предлагается эскизная экономико-математическая оптимизационная модель выбора моментов выпуска новых марок продукции на рынок. Получены расчетные формулы для моментов выпуска новых марок

Ключевые слова: МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, МОМЕНТЫ ВЫПУСКА НОВЫХ МОДЕЛЕЙ, ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, ОПТИМИЗАЦИЯ

UDC 303.732.4

**OPTIMIZATION MODEL FOR MOMENTS OF
OUTPUT OF NEW MODELS OF PRODUCTS
TO THE MARKET**

Orlov Alexander Ivanovich
Dr.Sci.Econ., Dr.Sci.Tech., Cand.Phys-Math.Sci.,
professor
*Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia*

One of the important problems of marketing - the choice moments of output of new models (brands) of products to the market. In the article for the first time in scientific periodicals we have proposed a sketch economic-mathematical optimization model for selection of time of output of new brands to market. We have received the calculation formulas for the moments of the output of new brands

Keywords: MARKET RESEARCHES, TIME OF OUTPUT OF NEW PRODUCT MODELS, ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELS, OPTIMIZATION

1. Введение

Одна из важных задач маркетинговых исследований – выбор моментов выпуска новых моделей (марок) продукции на рынок. Необходимость обновления продукции – следствие изменений предпочтений потребителей и действий конкурентов. Другими словами, хозяйственной единице приходится идти на выпуск новых моделей продукции из-за динамической перестройки самого рынка в условиях развертывания борьбы за рынок между различными производителями.

Очевидно, что подготовка к выпуску новой модели продукции требует соответствующих распределенных во времени затрат ресурсов, прежде всего на конструкторскую и технологическую подготовку производства (см. анализ этапов и возможных траекторий инновационного процесса в статье [1]). Снятие с производства предыдущей модели и начало выпуска новой также требует затрат. Поэтому производитель не заинтересован в излишне частой смене моделей. Однако задержка с

заменой моделей продукции, т.е. излишне редкая смена моделей, может привести к недопустимым потерям доли рынка и, следовательно, прибыли.

Итак, выявлена проблема выбора моментов выпуска новых моделей продукции на рынок. Ясно, что подготовка к выпуску новой модели должна начинаться задолго до появления первых ее экземпляров в продаже. В частности, необходимо обеспечить сбалансированность поступлений прибыли от продажи прежней модели и затрат на подготовку к выпуску новой.

В статье впервые в научной периодике предлагается эскизная экономико-математическая оптимизационная модель выбора моментов выпуска новых марок продукции на рынок. Получены расчетные формулы для моментов выпуска новых марок. Обсуждается дальнейшее развитие модели.

2. Прогнозирование рынка

При изучении рынка маркетологи используют в основном кабинетные методы [2]. Причина проста - опросы (полевые методы маркетинга) трудоемки и сравнительно дороги, а потому применяются, когда без них не обойтись.

Возможности кабинетных методов достаточно велики. Например, о зависимости спроса от цены можно судить по объемам продаж, в том числе близких аналогов. А также по отчетам продавцов о поведении покупателей в магазинах. Сегментацию рынка зачастую можно осуществить из априорных соображений, как это сделано в [2] при обсуждении «жизненного пути семьи». Очевидную пользу приносит анализ позиций и динамики на рынке аналогов.

Большое значение имеет прогнозирование рынка. Анализ разнообразной информации, в том числе рекламной, дает возможность выявить тенденции рынка. К сожалению, ситуация на рынке может

измениться быстро и неожиданно. Примером является очередной этап экономического кризиса в России, начавшийся 17 августа 1998 г. (т.н. «дефолт»). Его характерными чертами (с точки зрения маркетинга) явились рост курса доллара США в (примерно) четыре раза. А затем и рост цен в рублях (примерно в два раза), паралич банковской системы и близкое к панике поведение потребителей.

Однако есть область, в которой прогнозы достаточно надежны. Это демографическая ситуация. Можно достаточно надежно предсказать численность возрастных групп. Так, резкое снижение рождаемости в России в 1990-е и 2000-е гг. приведет к уменьшению числа школьников, а потому уменьшится спрос на учебники и иные предметы школьного обихода. Для начальной школы это заметно уже давно - в 2003 г. понадобилось заметно меньше букварей, чем в 1997 г. К 2010 году малая численность молодежи привела к спаду спроса в сфере молодежных товаров и услуг, в частности, образовательных, а также к уменьшению доли молодых лиц на рынке труда. С другой стороны, заметно возросшая смертность в России в 90-е гг. привела к расширению рынка ритуальных услуг - от дешевых (для большинства) до весьма дорогих (в частности, для бизнесменов и чиновников).

3. Планирование на основе прогнозирования будущего развития рынка

Есть заметная разница в маркетинге на стадии исследований и проектирования продукции и на стадии обращения и эксплуатации (потребления) продукции [3]. Первый из них естественно назвать стратегическим, второй – оперативным. Во втором случае мы имеем дело с уже существующей продукцией, поставленной на поток (пущенной в серию), а в первом - с будущей. Надо так спроектировать изделие, чтобы оно оказалось конкурентоспособным на тот момент, когда выйдет на

рынок. А это будет не так скоро, как может показаться - от начала работ по созданию новой марки автомобиля до выпуска первых экземпляров проходит 5 - 7 лет, а для самолетов – десятки лет (для АН 124 «Руслан» - 23 года [4]).

Очевидно, необходимо планирование на основе прогнозирования будущего развития рынка. Надо прогнозировать динамику внешних обстоятельств - как развитие вкусов потребителей, уровень их доходов, т.е. объем и структуру рынка, динамику его отдельных сегментов, так и поведение конкурентов, их нацеленность на те или иные сегменты рынка. Цель - добиться конкурентоспособности своей продукции. Этого можно добиться и внутренними преобразованиями, например, путем снижения себестоимости за счет внедрения передовых технологий и обучения персонала (именно так предпочитал работать Генри Форд [5]). Поэтому при перспективном прогнозировании надо смотреть не только «вовне», на рынок, но и «внутри» своего предприятия.

Технический уровень и качество продукции на мировом рынке растет, и необходимо спланировать подготовку новой модели так, чтобы в момент выхода на рынок и в течение нескольких следующих лет она оказалась выше среднемирового уровня по потребительским свойствам, техническому уровню и качеству. Можно также предсказать, когда придется ее снимать с производства - когда она существенно отстанет от продукции конкурентов. Поскольку период подготовки высокотехнологичного изделия к выпуску может быть заметно длиннее периода массового выпуска, то на предприятии могут и во многих случаях должны параллельно идти работы по целой гамме изделий, которые будут затем сменять друг друга на конвейере.

Представляет интерес и стратегия воспитания новых потребностей. Так, из-за ухудшающейся экологической обстановки все более перспективными представляются электромобили взамен обычных

автомобилей с двигателями, работающими на бензине. Однако предприятию, взявшемуся за осуществление этой перспективной идеи, придется приложить много усилий, вместе с властями и экологическими организациями, чтобы воспитать у потребителей потребность в электромобилях. Нужны и административные меры, вплоть до запрета на использование обычных автомобилей на тех или иных территориях. И постоянная рекламная компания, нацеленная на доказательство преимуществ электромобилей. И продвинутые инженерные разработки по повышению технического уровня электромобилей и особенно аккумуляторов, и создание развернутой системы «заправки» электромобилей (видимо, путем смены аккумуляторных блоков), и массовые акции экологических организаций, направленные против обычных автомобилей.

Двум видам маркетинга – оперативному и стратегическому – обычно соответствуют различные организационные структуры предприятия. Оперативный маркетинг сравнительно слабо связан с производством и с деятельностью научно-исследовательских подразделений. Его цель – продать то, что производится сейчас. Напротив, стратегический маркетинг опирается на мощные прогнозные разработки, на инновационные научно-технические решения. Он работает на будущее. Правильно ли идет работа – выяснится через 5 - 10 лет.

Оперативному маркетингу нет нужды вникать в техническую политику конкурентов. Их изделия – в продаже, можно непосредственно сравнить со своими товарами и услугами. Стратегическому маркетингу весьма полезны сведения о конкурентах, промышленная разведка и контрразведка – его важная составляющая часть.

4. Модель оптимизации моментов выпуска новых моделей продукции на рынок

Рассмотрим эскизную (в смысле В.В. Налимова [6, с.14 - 18]) математическую модель, позволяющую рассчитать оптимальные моменты выпуска на рынок новых моделей продукции.

Примем, что для моделей рассматриваемой продукции определена величина «уровня качества» (не будем останавливаться здесь на возможных способах измерения «уровня качества» и на его соотношении с «техническим уровнем»).

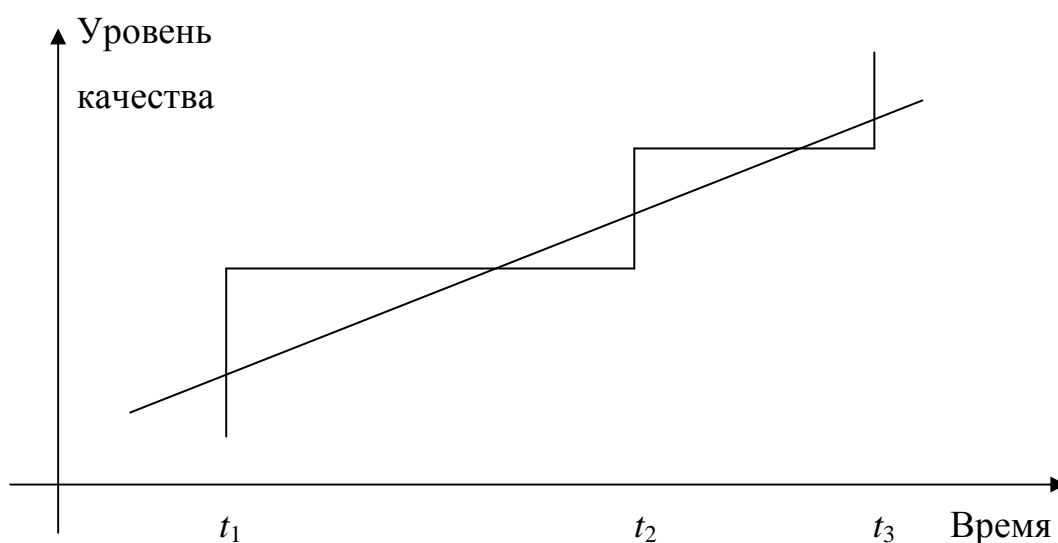


Рис. 1. Сравнение динамики мирового уровня качества и уровня качества продукции конкретного предприятия

Рис. 1 позволяет сравнить динамику мирового уровня качества и уровня качества продукции конкретного предприятия. Мировой уровень качества непрерывно растет, в то время как уровень качества продукции конкретного предприятия меняется скачкообразно. Он заметно увеличивается при выпуске на рынок новой марки продукции, а затем остается постоянным вплоть до выпуска следующей марки. В течение жизненного цикла очередной марки продукции ее уровень качества сначала заметно выше мирового, затем преимущество уменьшается,

наконец, уровень качества оказывается ниже мирового, и через некоторое время марка снимается с производства.

В какие оптимальные моменты t_1, t_2, t_3, \dots выпускать на рынок новые марки продукции? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо сформировать функционал, который будем оптимизировать, выбирая моменты t_1, t_2, t_3, \dots

Предположим, что изменение во времени мирового уровня качества рассматриваемой продукции $P_0(t)$ можно описать линейной функцией:

$$P_0(t) = a_0 + at.$$

В качестве модели рынка примем модель чистой (совершенной) конкуренции. В соответствии с ней вклад конкретного предприятия в объем мирового рынка бесконечно мал, а цены определяются мировым уровнем качества. Можно сказать, что мировой уровень качества является оптимальным. Самым лучшим для предприятия был бы выпуск продукции на этом уровне. К сожалению, это невозможно по технологическим причинам. Пусть d – стоимость осуществления скачка, т.е. разработки и подготовки к производству очередной марки (модификации) продукции. Примем для простоты, что стоимости скачков любой величины одинаковы.

Следовательно, превышение мирового уровня не приносит предприятию дополнительного дохода. Поэтому предположим, что дополнительные затраты на превышение уровня качества $P(t)$ выпускаемой продукции сверх мирового уровня пропорциональны этому превышению, т.е. за время $(t; t + dt)$, равны

$$b (P(t) - P_0(t)) dt,$$

где b – коэффициент пропорциональности и $P(t) > P_0(t)$.

При отставании уровня качества продукции от мирового предприятие несет заметные убытки, в частности, ему приходится снижать

цены. Пусть потери от морального старения продукции пропорциональны отставанию от мирового уровня качества, т.е. за время $(t; t + dt)$ равны

$$c (P(t) - P_0(t)) dt.$$

где c – коэффициент пропорциональности и $P(t) < P_0(t)$.

Функционал, который будем оптимизировать, выбирая моменты t_1, t_2, t_3, \dots и соответствующие величины скачков, равен сумме расходов на запуск новых марок, затрат на превышение уровня качества $P(t)$ выпускаемой продукции сверх мирового и потерь от морального старения продукции ввиду отставания от мирового уровня качества. Пусть за время $[0; T)$ выпущено на рынок $n = n(T)$ новых марок. Тогда функционал имеет вид

$$nd + bS_1 + cS_2,$$

где S_1 – суммарная площадь треугольников, образованных графиками $P(t)$ и $P_0(t)$ и расположенных выше прямой $a_0 + at$, а S_2 – суммарная площадь треугольников, образованных графиками $P(t)$ и $P_0(t)$ и расположенных ниже прямой $a_0 + at$.

5. Минимизация затрат

Минимизацию затрат с целью нахождения оптимальных моментов выпуска новых моделей на рынок проведем в три этапа. На первом этапе зафиксируем моменты t_1, t_2, t_3, \dots . Рассмотрим два соседних момента t_k и t_{k+1} . Положим $\Delta = t_{k+1} - t_k$. Тогда ситуация полностью описана, если задан промежуток времени δ такой, что в момент $t_k + \delta$ уровень качества выпускаемой предприятием продукции совпадает с мировым уровнем качества (рис. 2).

Меняя величину δ , мы изменяем высоту рассматриваемой «ступеньки» графика $P(t)$, не влияя на остальные «ступеньки». В результате можно провести локальную оптимизацию высоты «ступенек» при заданных моментах t_1, t_2, t_3, \dots выпуска на рынок очередных марок.

Задача локальной оптимизации допускает декомпозицию, т.е. разбивается на задачи оптимизации для каждой ступеньки по отдельности.

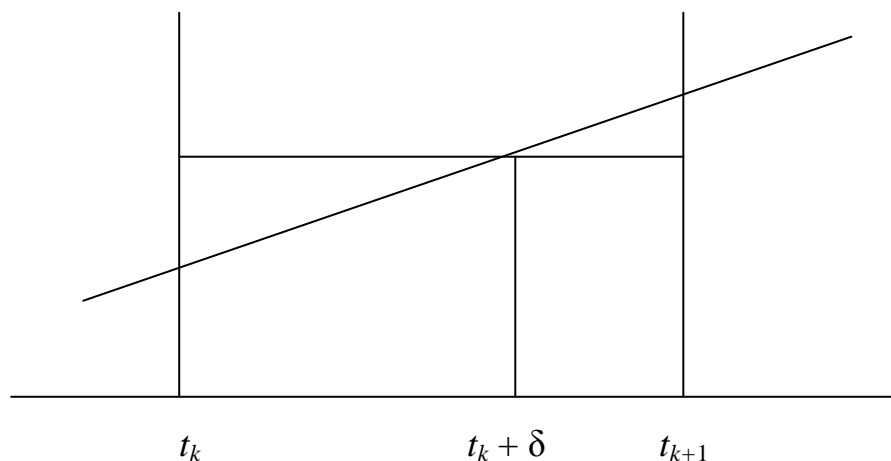


Рис. 2. Оптимизация величин скачков

За промежуток времени Δ затраты, связанные с превышением уровня качества сверх мирового, как видно из рис. 2, равны

$$b \frac{a\delta^2}{2},$$

а потери из-за морального старения (при отставании от мирового уровня) равны

$$c \frac{a(\Delta - \delta)^2}{2}.$$

Следовательно, суммарные потери за рассматриваемый интервал времени момента $[t_k; t_{k+1})$ равны

$$f(\delta) = d + a \left(b \frac{\delta^2}{2} + c \frac{(\Delta - \delta)^2}{2} \right).$$

Выбирая δ оптимальным образом, минимизируем суммарные затраты и потери за рассматриваемый интервал времени. Продифференцировав функцию $f(\delta)$ по δ и приравняв производную 0, получим оптимальное значение δ , а именно:

$$\delta = \frac{c\Delta}{b+c}.$$

При оптимальном δ затраты за период с t_k до t_{k+1} , как нетрудно подсчитать, равны

$$d + \frac{abc}{2(b+c)} \Delta^2.$$

На втором этапе оптимизации зафиксируем число скачков и найдем при этом условии оптимальные моменты скачков t_1, t_2, t_3, \dots . Положим $\Delta_j = t_{j+1} - t_j$, где $j = 1, 2, \dots, n$, причем примем $t_{n+1} = T$, где T – горизонт планирования. Тогда суммарные затраты за весь рассматриваемый интервал планирования равны

$$g(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n) = \frac{abc}{2(b+c)} (\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2) + nd.$$

Эту функцию необходимо минимизировать по всем n неотрицательным переменным $\Delta_j, j = 1, 2, \dots, n$, при условии

$$\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n = T.$$

Достаточно решить чисто математическую задачу оптимизации

$$\begin{cases} \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2 \rightarrow \min, \\ \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n = T, \\ \Delta_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \end{cases}$$

где $n = n(T)$.

Для ее решения целесообразно ввести новые переменные

$$\alpha_i = \Delta_i - \frac{T}{n}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Тогда

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = \sum_{i=1}^n \left(\Delta_i - \frac{T}{n} \right) = \left(\sum_{i=1}^n \Delta_i \right) - n \frac{T}{n} = T - T = 0.$$

Поскольку

$$\Delta_i = \frac{T}{n} + \alpha_i,$$

то

$$\Delta_i^2 = \frac{T^2}{n^2} + 2\frac{T}{n}\alpha_i + \alpha_i^2,$$

следовательно, с учетом предыдущего равенства имеем

$$\sum_{i=1}^n \Delta_i^2 = n\frac{T^2}{n^2} + 2\frac{T}{n}\sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 = \frac{T^2}{n} + \sum_{i=1}^n \alpha_i^2.$$

Сумма квадратов всегда неотрицательна. Она достигает минимума, равного 0, когда все переменные равны 0, т.е. при

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = 0.$$

Тогда

$$\Delta_i = \frac{T}{n}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

При этих значениях Δ_i выполнены все ограничения оптимизационной задачи.

Итак, интервалы между скачками должны иметь одинаковую длину. При фиксированном числе скачков n минимальное значение суммарных затрат равно

$$h(n) = \frac{abc}{2(b+c)} \frac{T^2}{n} + nd.$$

На третьем этапе оптимизации надо найти оптимальное число скачков n , или, что эквивалентно, интервал между скачками Δ .

Как следует из последней формулы, суммарные удельные затраты, приходящиеся на одну единицу времени, имеют вид

$$h_1(n) = \frac{h(n)}{T} = \frac{abc}{2(b+c)} \frac{T}{n} + \frac{n}{T} d.$$

Эту функцию легче минимизировать, если перейти к переменной Δ , где $\Delta = T/n$. Удельные затраты равны

$$H(\Delta) = \frac{abc}{2(b+c)} \Delta + \frac{d}{\Delta}.$$

Минимизируем эту функцию по Δ . Дифференцируя по Δ и приравнявая производную 0, получаем, что оптимальный интервал между скачками имеет длину

$$\Delta = \sqrt{\frac{2(b+c)d}{abc}}.$$

Полученная формула позволяет делать как количественные, так и качественные выводы. Например, если мировой уровень качества практически не меняется (т.е. $a \rightarrow 0$), то интервал между выпуском новых марок очень большой (т.е. $\Delta \rightarrow +\infty$). Полученная формула напоминает формулу Вильсона (в других источниках – формула квадратного корня) в теории управления запасами – части логистики [3].

Отметим, что проведенные на третьем этапе рассуждения не вполне корректны. Минимизация проводилась по всем положительным Δ , а на самом деле Δ должно лежать в дискретном множестве $\{T/n, n = 1, 2, \dots\}$. Поэтому оптимальное Δ – одно из двух значений Δ_1 и Δ_2 , где

$$\Delta_1 = \frac{T}{n+1} \leq \sqrt{\frac{2(b+c)d}{abc}} < \frac{T}{n} = \Delta_2,$$

а именно, то из них, для которого значение функции $H(\Delta)$ меньше. Эффекты, связанные с дискретностью Δ , в случае модели Вильсона управления запасами рассмотрены в главе 5 монографии [7]. В частности, установлено, что при увеличении интервала (горизонта) планирования T влияние этих эффектов уменьшается и асимптотически сходит на нет.

Пример. Пусть $a = 0,04$, т.е. мировой уровень качества растет на 4% в год и увеличивается вдвое за 25 лет. Пусть $b = 1$, $c = 4$, $d = 0,1$. Тогда по формуле квадратного корня оптимальный интервал между скачками имеет длину 2,5, т.е. новые модели надо выпускать на рынок с интервалами в 2,5 года. Примем, что интервал планирования $T = 12$ (лет), тогда Δ должно лежать в дискретном множестве $\{12/n, n = 1, 2, \dots\} = \{12; 6; 4; 3; 2,4; 2; 1,714; \dots\}$. Поскольку $2,4 < 2,5 < 3$, то остается сравнить $H(2,4)$ и $H(3)$ по

величине. Для заданных в примере значений параметров $H(\Delta) = 0,016 \Delta + 0,1 / \Delta$, а потому $H(2,4) = 0,0801$ и $H(3) = 0,0813$, следовательно, с учетом горизонта планирования оптимальный интервал между скачками имеет длину 2,4 года (а не 2,5 года), т.е. новые модели надо выпускать на рынок с интервалами в 2 года и 146 дней.

6. Заключительные замечания

Разработанная в статье эскизная модель, как и эскизные модели в других областях [6], является первым шагом в организационно-экономическом моделировании. Достижением является, в частности, выделение основных параметров (a, b, c, d, T), от которых зависит решение. Следующий шаг, как и в задачах управления запасами на основе классической модели Вильсона [3, 7, 8], состоит в разработке алгоритмов расчетов значений этих параметров в конкретных ситуациях. Другое направление исследований – построение системы более сложных, но и более адекватных моделей, как это ранее было сделано в логистике [3]. Например, линейная зависимость мирового уровня качества рассматриваемой продукции $P_0(t)$ от времени может быть заменена на более сложную зависимость.

Литература

1. Орлов А.И. Организационно-экономическое обеспечение инновационной деятельности / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 605 – 632. – IDA [article ID]: 0961402043. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/43.pdf>
2. Орлов А.И. Менеджмент: организационно-экономическое моделирование. Учебное пособие для вузов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 475 с.
3. Орлов А.И. Теория принятия решений. – М.: Экзамен, 2006. – 574 с.
4. Орлов А.И. О подходах к разработке организационно-экономического обеспечения решения задач управления в аэрокосмической отрасли / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный

ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099). С. 73 – 100. – IDA [article ID]: 0991405005. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/05.pdf>

5. Форд Г. Моя жизнь. Мои достижения. – М.: Попурри, 2009. – 352 с.
6. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 208 с.
7. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. – М.: Наука, 1979. – 296 с.
8. Смольников Р.В. Практическое применение математических моделей управления запасами // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т.74. №3. С. 64 – 69.

References

1. Orlov A.I. Organizacionno-jekonomicheskoe obespechenie innovacionnoj dejatel'nosti / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №02(096). S. 605 – 632. – IDA [article ID]: 0961402043. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/43.pdf>
2. Orlov A.I. Menedzhment: organizacionno-jekonomicheskoe modelirovanie. Uchebnoe posobie dlja vuzov. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2009. – 475 s.
3. Orlov A.I. Teorija prinjatija reshenij. – М.: Jekzamen, 2006. – 574 s.
4. Orlov A.I. O podhodah k razrabotke organizacionno-jekonomicheskogo obespechenija reshenija zadach upravlenija v ajerokosmicheskoj otrasli / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №05(099). S. 73 – 100. – IDA [article ID]: 0991405005. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/05.pdf>
5. Ford G. Moja zhizn'. Moi dostizhenija. – М.: Popurri, 2009. – 352 s.
6. Nalimov V.V. Teorija jeksperimenta. – М.: Nauka, 1971. – 208 s.
7. Orlov A.I. Ustojchivost' v social'no-jekonomicheskikh modeljah. – М.: Nauka, 1979. – 296 s.
8. Smol'nikov R.V. Prakticheskoe primenenie matematicheskikh modelej upravlenija zapasami // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 2008. T.74. №3. S. 64 – 69.