

БИНАРНЫЕ ЦЕПОЧЕЧНЫЕ СТРУКТУРЫ КАК МОДЕЛИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ

М.А. Ивлев,

кандидат технических наук, доцент Нижегородского государственного
технического университета им. Р.Е. Алексеева,
e-mail: ivlev-ma@yandex.ru.

Адрес: г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24.

Показана необходимость формализованного описания механизма предпочтения аналогичных по назначению товаров нескольких производителей, определяемых как дифференцированная продукция. Предложен подход к ее моделированию на основе применения эквивалентных схем, традиционно используемых для анализа технических систем.

Ключевые слова: бинарные цепочечные структуры, дифференцированная продукция, эквивалентные схемы, жизненный цикл.

Введение

Товары-аналоги, выпускаемые разными производителями, в конкурентной среде имеют дифференцированный потребительский характер, определяющий их спрос [1]. Изготовители стремятся использовать разнообразные формы создания конкурентных преимуществ, соответствующие особенностям жизненных циклов товаров и услуг. Однако известные алгоритмические методы управления жизненным циклом не полностью охватывают все его этапы, что затрудняет реализацию интерактивного режима проектирования новой продукции — эффективной технологии разработки, сочетающей алгоритмические и эвристические операции. Так, специалистами и руководителями

предприятий не всегда однозначно понимаются причины и механизмы предпочтения одной модели продукции другой — продукции аналогичного назначения, выпускаемой конкурентами. Не доведены до уровня доступных практических методик формализованные подходы к определению доли рынка дифференцированной продукции, рационального объема выпуска товара и времени перевода производства на выпуск новой продукции.

Сегодня теоретической основой концептуальной проработки товаров и услуг служит парадигма личного потребления (в которой ключевым является понятие функции полезности) [2, 3], а соответствующая ей модель организационного управления производством основана на методологии

управления качеством продукции и менеджмента качества предприятия (с развитыми в ее рамках практическими методиками) [4]. К средствам нормативного обеспечения технического уровня и качества продукции и её конкурентоспособности относится, в первую очередь, система разработки и постановки продукции на производство (терминология в соответствии с ГОСТ [5]) с комплексом взаимосвязанных организационно-методических и общетехнических государственных стандартов [5, 6, 7]. Однако в настоящее время эти средства не обеспечивают полностью организационное управление жизненным циклом товаров и постоянно корректируются, дополняются новыми поправками. Пример таких доработок в области управления качеством — комплекс стандартов и руководств, созданных международной ассоциацией IATF и послуживших основой российских стандартов ГОСТ Р 51814 (наиболее близким из них к области настоящего исследования является ГОСТ Р 51814.6-2005 [8]). Но и эти доработки не снимают проблем управления жизненным циклом, особенно в части реализации алгоритмов адаптации производственных систем к изменениям запросов потребителей.

Обеспечить единые подходы к управлению всеми стадиями жизненного цикла продукции призваны CALS-технологии, однако на промышленных предприятиях они фактически используются только при автоматизации рутинных операций. Решению более значимых задач, широкому внедрению информационной поддержки изделий за пределами конструкторско-технологического проектирования препятствует неразвитость информационного описания объектов управления — продукции и производственных объектов [9]. Разработчики концепции новых изделий, их конструкторы и потребители за редким исключением говорят «на разных языках». Одной из причин возникновения указанной проблемы является несоответствие между необходимым адекватным описанием ключевых потребительских характеристик товаров и услуг, с одной стороны, и достигнутым сегодня уровнем развития методов моделирования предпочтений потребителя, с другой стороны.

Постановка задачи и выбор метода решения

Областью исследования настоящей статьи являются актуальные в настоящее время инициативные раз-

работки продукции без конкретного заказчика при коммерческом риске разработчика и изготовителя [6], а задачей является разработка концептуальных моделей дифференцированной продукции, позволяющих выполнить проектирование товаров на начальных этапах их жизненного цикла. В настоящее время проектирование промышленной продукции, если не считать весьма расплывчатые и произвольные формы технического задания [7], фактически начинается с разработки конструкции изделий, а затем (или параллельно) выполняется технологическое проектирование. Техническое задание, служащее исходным документом для конструкторского проектирования, является в данной области исследований сугубо внутренним документом и составляется каждым изготовителем (разработчиком) самостоятельно, по своему усмотрению. Также произвольно выполняется более ранняя операция разработки — анализ рынка. Таким образом, процесс взаимодействия участников создания и модернизации продукции имеет разрыв в цепи жизненного цикла на стыке стадий концептуальной проработки и конструкторско-технологического проектирования.

Решению этой проблемы будет способствовать введение моделей дифференцированной продукции в виде эквивалентных схем и цепей, широко применяемых в моделировании технических объектов. Так, для прогнозирования свойств электротехнических устройств и сложных электронных систем применяют мощный и эффективный аппарат *электрических цепей*. Подобные модели разработаны для анализа и проектирования устройств, характеризующихся напряженными тепловыми режимами, — модели в виде *тепловых цепей*. Наиболее близкими к решаемой задаче являются анализ и обеспечение надежности технических объектов на основе их *цепочечных моделей по надежности* [10]. Воспользуемся этими подходами для решения поставленной задачи.

Модели дифференцированной продукции

Построение моделей поясним на примере определения доли рынка потребителей продукции для различных ее вариантов. Как показано в работе [1], предпочтения рынка в отношении такой продукции описываются совокупностью K потребностей множества индивидуумов

$$P_k = (p_1, \dots, p_j, \dots, p_m), \quad j = 1, \dots, m,$$

которым необходимо достичь качества жизни в определенной ее сфере

$$\mathbf{K} = (K_1, \dots, K_i, \dots, K_n), i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где K_i – элемент n -мерного вектора \mathbf{K} , обозначающий i -ю потребность, подлежащую удовлетворению посредством потребления/эксплуатации продукции. Элемент K_i характеризуется параметром k_i , смысл которого – доля индивидуумов $\mathbf{P}_{K_i}^U \subseteq \mathbf{P}_K$, для которых удовлетворение i -ой потребности является предпочтительным (учитываемым при выборе товара), для остальных – нет (безразличны к наличию или отсутствию возможности удовлетворить ее).

Предлагаемые производителями товары представляются *носителями наборов* \mathbf{K} [11], которые сравниваются потребителями с набором, характеризующим сложившийся стереотип качества жизни в определенном его сегменте. Те наборы \mathbf{K} , которые оцениваются потребителем как не менее предпочтительные, чем требуемый набор, отбираются и допускаются до «второго тура» – окончательного выбора с учетом «вторичных» критериев (например, затрат на приобретение). Остальные наборы (и несущие их товары) далее не рассматриваются. Следовательно, для производителя ключевой задачей является выбор оптимального (например, по критерию максимальной доли рынка) набора \mathbf{K} среди возможных альтернатив. Ее решение предлагается осуществить по следующему алгоритму.

Этап 1.

Определение структуры набора \mathbf{K} – элементов $\{K_i\}, i = 1, \dots, n$.

Этап 2.

Определение параметров k_i через отношение мощностей множеств $\mathbf{P}_{K_i}^U$ и \mathbf{P}_K :

$$k_i = |\mathbf{P}_{K_i}^U| / |\mathbf{P}_K|.$$

Этап 3.

Формирование альтернатив дифференцированной продукции – вариантов наборов \mathbf{K} путем «включения» в них различных сочетаний элементов $\{K_i\}, i = 1, \dots, n$ [11]. Для каждой из альтернатив вычисляется значение функции предпочтения, показывающей долю рынка, которая одобряет (предпочитает) данный набор \mathbf{K} . Составим эквивалентную схему, иллюстрирующую преобразование рынка потре-

бителей в указанную его часть. Схема должна отображать следующую информацию о продукции, ее производителе и отношении к ней потребителей:

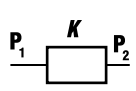
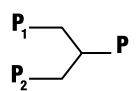
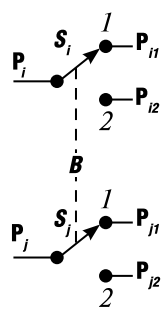
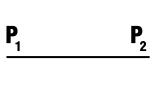
- ♦ вариант управленческого решения о включении элемента K_i в набор \mathbf{K} ;
- ♦ синхронизацию (блокирование) зависимых управленческих решений о включении группы элементов \mathbf{K} в набор \mathbf{K} ;
- ♦ увеличение (уменьшение) доли рынка, заинтересованной в приобретении проектируемой продукции, за счет введения в набор \mathbf{K} (исключения из него) элемента K_i ;
- ♦ уменьшение (увеличение) доли рынка, имеющей ограниченную покупательскую способность, за счет введения в набор \mathbf{K} (исключения из него) элемента K_i ;
- ♦ изменение доли рынка при введении в набор \mathbf{K} (исключения из него) нескольких элементов K_i , причем их количество в альтернативных вариантах может изменяться от 1 до n ;
- ♦ изменение доли рынка для нескольких альтернатив в рамках одной модели;
- ♦ возможность введения в эквивалентную схему нового элемента K_i и исключения из нее элемента K_j , потерявшего актуальность.

Совокупность перечисленных требований к модели в виде эквивалентной схемы обусловила группу ее базовых элементов, состав и характеристики которых приведены в *табл. 1*. С помощью их соединений можно составить схему замещения механизма рыночных предпочтений потребителей по отношению к различным вариантам дифференцированной продукции.

Таблица 1.

Система элементов коммутируемых цепочечных структур

№	Наименование и назначение элемента	Обозначение	Математическое описание
1	Коммутирующий элемент S на два положения, переключаемый управляющим воздействием V . Описывает два варианта управленческих решений: первый ($V = 0$), второй ($V = 1$).	$V = [0, 1]$ 	$P_1 = \begin{cases} P, & \text{при } V = 0 \\ 0, & \text{при } V = 1 \end{cases}$ $P_2 = \begin{cases} P, & \text{при } V = 1 \\ 0, & \text{при } V = 0 \end{cases}$

№	Наименование и назначение элемента	Обозначение	Математическое описание
2	Элемент передачи (ослабления) K с передаточной функцией R_K .		$P_2 = R_K P_1$ $0 \leq R_K \leq 1$
3	Элемент объединения (суммирования).		$P = P_1 + P_2$
4	Элемент блокировки (согласования) B коммутирующих элементов S_i и S_j .		$P_{j1} = P_j$, если $P_{i1} = P_i$ и $P_{j2} = P_j$, если $P_{i2} = P_i$
5	Элемент связи. Объединяет все элементы в цепочечную структуру.		$P_2 = P_1$

Случай А.

Набор элементов качества жизни потребителя, переносимых продукцией, состоит только из одного элемента $K_i = K$ (вырожденный случай). Эквивалентная схема продукции будет иметь вид (рис. 1) и представляет собой бинарный структурный компонент – первичное звено актуальных моделей, соответствующих большому количеству элементов $\{K_i\}$, $i = 1, \dots, n$; $n \geq 2$.

Модель (рис. 1) в целом описывает преобразование, фильтрацию рынка P_K потенциальных потребителей дифференцированной продукции в ту его долю P_K^+ , которая расценивает данную продукцию как достойную для потребления. Коммутатор S моделирует решение производителя о включении в набор K (удалении из него) элемента K . Два канала схемы с различными передаточными функциями (см. табл. 1) описывают сокращение рынка или его сохранение при движении изображающей точки от входа до выхода модели по «фильтрующей» (коммутатор в положении 1) или «прямой» (коммутатор в положении 2) траекториям. Ограничимся далее линейными каналами, тогда правомерным будет введение коэффициента передачи R_K , зависящего от соответствующего параметра k и численно равного отношению $|P_K^+| / |P_K|$. Базовый компонент модели показывает, что, если элемент K удалить из набора K , переносимого продукцией (положение 1 коммутатора S), то доля рынка, не отказавшаяся от нее, составит $|P_K^+| = R_K |P_K|$, где $R_K = (1 - k)$. Если элемент K будет входить в набор K (положение 2 коммутатора S), то рынок покупателей составит $P_K^+ = P_K$. Положение коммутатора S устанавливается управляющим воздействием V (см. табл. 1), т.е. определяется решением разработчика дифференцированной продукции.

Случай В.

Набор K состоит из элементов K_i с параметрами k_i , $i=1, \dots, n$, $n \geq 2$. При условии независимости элементов K_i модель дифференцированной продук-

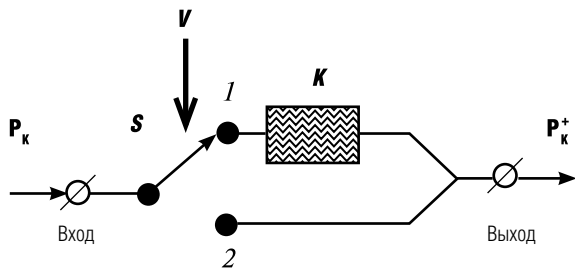


Рис. 1. Бинарный структурный компонент модели механизма предпочтения дифференцированной продукции.

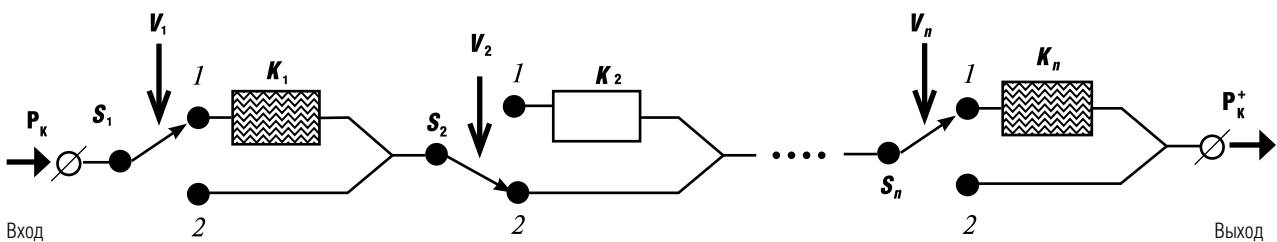


Рис. 2. Цепочечная модель потребительских свойств дифференцированной продукции.

ции составляется из базовых компонентов путем их агрегирования в цепочечную структуру (рис. 2). Тогда определение мощности множества P_k^+ сведется к определению коэффициента передачи R_k , характеризующего снижение мощности входного множества P_k до уровня $|P_k^+|$ на выходе модели и имеющего смысл функции предпочтения набора K . Для i -ой ячейки модели ее коэффициент передачи $R_{яi} = R_{ki} = (1 - k_i)$ при $V_i = 0$ (компоненты с активными элементами K_i , выделенными на рис. 2 заливкой) и $R_{яi} = 1$ при $V_i = 1$. Для всей цепи коэффициент передачи равен

$$R_k = \prod_{i=1}^n R_{яi}. \quad (2)$$

Для большинства стратегий производственных систем, например, для стратегии захвата максимальной доли рынка, лучшим решением будет такое, для которого $R_k \rightarrow \max$. Множество $V = \{V_i\}$, $i = 1, \dots, n$ представляет собой вектор управляющих воздействий, формирующий структуру модели. Его элементы V_i в общем случае независимо друг от друга принимают значения 0 (если соответствующий элемент K_i не включается разработчиком в набор K , «переносимый» продукцией) и 1 (в противоположном случае). Включению всех элементов $\{K_i\}$, $i = 1, \dots, n$, в набор K препятствуют технологические и экономические ограничения производственных систем. Анализ модели (рис. 2) показывает, что:

◆ число вариантов решений (разновидностей дифференцированной продукции) в общем случае равно 2^n , т.е. удваивается с каждым новым элементом K_i , что при больших значениях n делает анализ рынка сбыта по всем альтернативам продукции чрезвычайно трудоёмким;

◆ на величину R влияют, уменьшая ее, только те звенья цепи, в которых коммутаторы находятся в положении 1. Это означает, что при проектировании/совершенствовании продукции основное внимание должно быть уделено не реализованным ранее элементам K .

Задача учета всех возможных сочетаний ячеек, каждая из которых может находиться в одном из двух состояний, является NP-трудной и ограничивает практическое применение развиваемого подхода. Это обстоятельство вызывает необходимость снизить размерность задачи. Рассмотрим один из вариантов упрощения рассматриваемого алгоритма на основе ранжирования элементов K_i и поочередного «наполнения» ими ограниченного множества наборов K – вариантов дифференцированной продукции.

Этап 4.

Формирование множества ранжированных вариантов наборов K_q предлагается выполнить по методике, аналогичной технологии определения доминирующих факторов в их общей совокупности [12]. Такое множество представляет собой ряд, первый член ($q = 1$) которого является вариантом продукции только с одним элементом K , имеющим наибольшее значение параметра $k \rightarrow \max$. Второй член ряда – вариант продукции с двумя элементами K , имеющими наибольшие значения параметра k и т.д. Последний член ряда ($q = n$) включает все рассматриваемые элементы K . Непосредственному формированию альтернатив должна предшествовать процедура ранжирования элементов K – из них необходимо составить последовательность в порядке убывания значений их параметров $k: k_i > k_j, i < j$. В табл. 2 приведен пример множества K_q , $q = 1, \dots, n$ для $n = 7$.

Таблица 2.

Варианты K_q

i	q (номер варианта)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	+	+	+	+	+	+	+
2	-	+	+	+	+	+	+
3	-	-	+	+	+	+	+
4	-	-	-	+	+	+	+
5	-	-	-	-	+	+	+
6	-	-	-	-	-	+	+
7	-	-	-	-	-	-	+

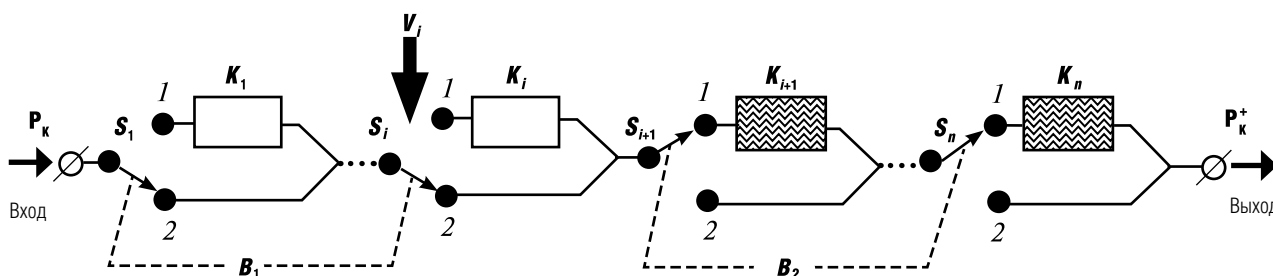


Рис. 3. Модель рыночного предпочтения упорядоченного множества вариантов дифференцированной продукции.

Случай С. Составим эквивалентную схему для рассмотренного упорядоченного множества вариантов дифференцированной продукции. Применяя элементы (табл. 1) и базовые компоненты (рис. 1) модели, получим цепочечную структуру, приведенную на рис. 3. Особенностью представленной эквивалентной схемы является, во-первых, упорядоченность элементов K и соответствующих ячеек по параметру R_K по правилу: если $R_{K_i} < R_{K_j}$, то $i < j$ и, во-вторых, их разделение и группировка в двух частях цепи.

В левой части – ячейки с переключателями S , установленными в положение 2 (их номера: 1, 2, ..., i), в правой части ($R_K \rightarrow \max$) – все остальные с переключателями в положении 1 (их номера: $i+1, i+2, \dots, n$). Схема описывает ряд вариантов наборов K , соответствующих значениям $i = 1, \dots, n$. Коэффициент передачи модели, если активен хотя бы один элемент K (т.е. $i = 1, \dots, n - 1$), вычисляется по формуле

$$R_K = \prod_{g=i+1}^n R_{K_g}, \quad (3)$$

в противном случае ($i = n$) коэффициент передачи модели равен единице. Управляющее воздействие сводится к подаче сигнала $V=1$ на i -й коммутатор. Здесь i – номер варианта дифференцированной продукции.

Таким образом, применение рассмотренной процедуры позволило уменьшить размерность решаемой задачи с 2^n до величины n . Платой за это упрощение является риск ошибки – исключение из возможных альтернатив тех рациональных вариантов дифференцированной продукции, которые характеризуются отсутствием одного из двух элементов K_j и K_i ($j = i+1$) в случае близких их параметров $k_j \approx k_i$. Выходом из такой ситуации будет компромисс между полным перебором (модель рис. 2) и ограниченным множеством вариантов (рис. 3). Та-

ким образом, модель рис. 3. позволит определить долю рынка, считающуюся соответствующим своим запросам каждый из n вариантов проектируемой продукции («хочу приобрести»). Однако в этой модели принципиально не учтена покупательская способность потребителей («могу/не могу оплатить»), что требует коррекции модели.

Этап 5.

Введение бикритериальной модели. Отдавая приоритет требованию качества жизни потребителя, введем в модель дифференцированной продукции изменения, учитывающие сокращение доли рынка вследствие различной и ограниченной покупательской способности. В каждый из «прямых» каналов модели, моделирующих «включение» в продукцию данного элемента K , установим элемент C , обозначающий покупательскую способность рынка по отношению к этому элементу, с параметром d и линейной передаточной функцией R_C (рис. 4).

Смысл параметра d , например, для элемента K_n – доля индивидуумов $P_{kn}^+ \subseteq P_K$, для которой экономически доступно удовлетворение n -ой потребности по рыночной цене. Схема моделирует сокращение числа потребителей по сравнению с величиной, рассчитанной по модели рис. 3 (аналогичная коррекция может быть проведена и с моделью, представленной на рис. 2). Следствием указанного приоритета является упорядоченное расположение в модели рис. 4 только элементов K (положение элемента C подчиняется его принадлежностью к соответствующей ячейке цепи).

Передаточная функция R_i бикритериальной модели i -го варианта дифференцированной продукции определяется коэффициентами передачи элементов $C_g, g = 1, \dots, i$ и элементов $K_g, g = i+1, \dots, n; i = 1, \dots, n$

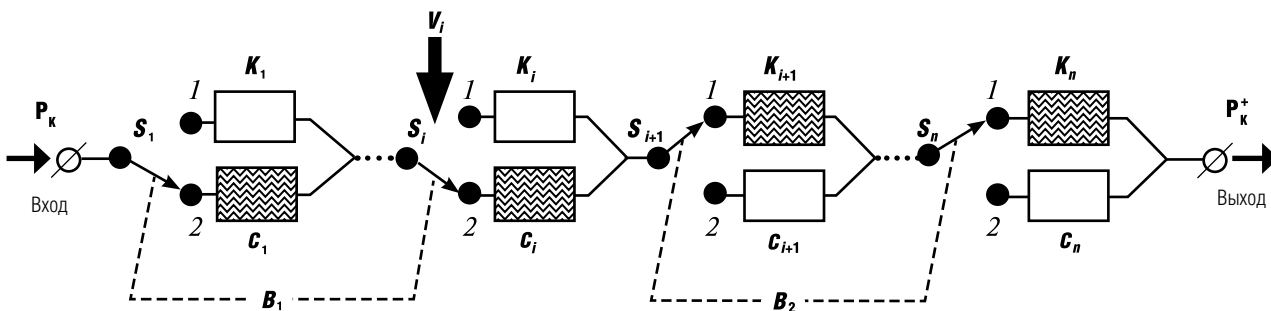


Рис 4. Бикритериальная модель упорядоченного множества вариантов дифференцированной продукции.

$$R_{(i < n)} = R_K R_C; R_{(i = n)} = R_C; R_C = \prod_{g=1}^i d_g, \quad (4)$$

где R_K задан в (3). Решение задачи оптимизации $R_i \rightarrow R_{max}$ позволит определить

$$|P_K^+| = R_{max} |P_K| \rightarrow max. \quad (5)$$

Выражения для R_i в (4) можно отобразить в виде свернутой бикритериальной цепи – укрупненной эквивалентной схемы дифференцированной продукции, приведенной на рис. 5. Компонент K этой схемы учитывает отношение рынка к качеству жизни потребителей, переносимому продукцией, компонент C – его стоимостную доступность для потребителя. Тогда символ « i », кроме указанного выше, приобретает смысл координаты граничной точки, разделяющей упорядоченное множество K_q на два непересекающихся подмножества K и C , первое из которых также является упорядоченным (по параметру k). Граница между этими подмножествами может передвигаться в диапазоне $i = 1, \dots, n$ управляющим воздействием V_i , изменяя, таким образом, структуру модели дифференцированной продукции и значение передаточной функции R_i .

Схема замещения на рис. 5 в силу коммутативности произведения коэффициентов передачи ее звеньев эквивалентна не только ранжированному множеству вариантов дифференцированной продукции, но и более общему случаю – произвольному и независимому состоянию звеньев развернутых моделей (например, модели рис. 4, в которой будут исключены элементы блокировки B_1 и B_2).

Для удобства дальнейшего применения бикритериальной модели (рис. 4 и рис. 5) в проектировании дифференцированной продукции и разработке соответствующих производственных систем представляется целесообразным ввести ее обозначение

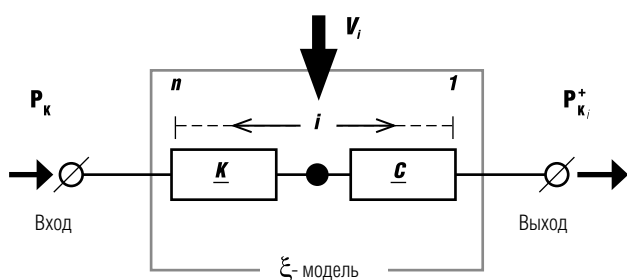


Рис 5. Свертка бикритериальной эквивалентной схемы – ξ -модель дифференцированной продукции.

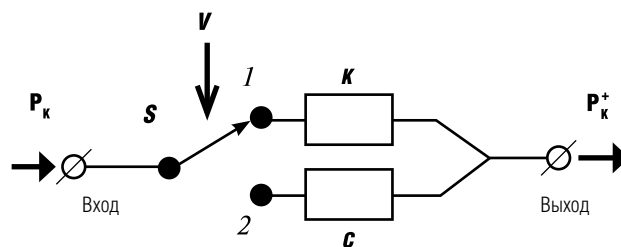


Рис 6. Компонент бикритериальной схемы – ξ -ячейка.

как KCi -модель (модель управляемого комплекса «качество-стоимость») или, используя близость произношения группы символов « KCi » и греческого символа ξ , как « ξ -модель».

На рис. 5 приведена ξ -модель дифференцированной продукции при i -ом варианте вектора управляющего воздействия V_i . Следуя этой же аналогии обозначим компонент бикритериальной модели ξ -ячейкой.

На рис. 6 показана ξ -ячейка с элементом K , приведенным в активное состояние соответствующим элементом V вектора управляющего воздействия.

Заключение

1. Предложенные модели позволяют учесть дифференцированный характер товаров-аналогов, выпускаемых разными производителями и свойства однородной линейки продуктов одного производителя.

2. Материал статьи показывает возможности применения бинарных систем, исследованных в работах Емельянова С.В. и его учеников (например, в [13]) в задаче построения регуляторов автоматических систем управления, в новой области – концептуальном управлении производственно-экономическими системами.

3. Предложенные модели характеризуются наглядностью, простотой интерпретации механизмов предпочтения, спроса и доступностью для практического применения специалистами и руководителями производственных предприятий. Функция предпочтения вариантов дифференцированной продукции определена через передаточную функцию (в частности, коэффициент передачи) введенной бинарной цепочечной структуры.

4. Рассмотренные модели и соотношения, связывающие параметры модели с потребительскими

свойствами дифференцированной продукции, могут служить основой расчетов концептуальных характеристик адаптивных производственных систем:

- ◆ оптимального состава переносимых продукцией элементов качества жизни потребителей;
- ◆ количества потребителей, предпочитающих разные варианты дифференцированной продукции и/или имеющих возможность их приобретения;
- ◆ сроков перевода производства на новую модель продукции;
- ◆ планируемого дохода от выпуска и продажи разрабатываемых вариантов дифференцированной продукции.

5. Предложенный подход, рассмотренный для случая линейных моделей и не претендующий на универсальность, является одним из направлений развития методов управления жизненным циклом продукции на всех его стадиях и предполагает дальнейшее уточнение и развитие. В частности, цепочечное представление потребительских свойств дифференцированной продукции открывает возможность использования генетических алгоритмов – эффективной технологии решения задач функциональной и структурной оптимизации. ■

Литература

1. Ивлев М.А. Парадигма производства-потребления дифференцированной продукции // Перспективы науки. – 2010. – №5. – С.109-113.
2. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. Пер. с англ. под ред. и с предисловием А.А. Конюса. - М.: Прогресс, 1975. – 606 с.
3. Томпсон А., Формби Дж. Экономика фирмы / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 1998. – 544 с.: ил.
4. Перспективное планирование качества продукции и план управления. APQR. 2-е изд. – Перевод с англ. – Н.Новгород: ООО «Приоритет», 2007. – 128 с.
5. ГОСТ Р 15.000-94. Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения.
6. ГОСТ Р 15.201-2000. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.
7. ГОСТ 15.001-88 (1997). Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения.
8. ГОСТ Р 51814.6-2005. Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов.
9. Гунин Л.Н., Хранилов В.П. Модель внедрения ИПИ-технологий на предприятиях радиоприборостроения в условиях организационных изменений и ограниченных ресурсов: монография. – Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2006. – 153 с.
10. Ивлев М.А. Основы проектирования промышленных изделий. – Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2007. – 103 с.
11. Ивлев М.А. Инвариантные аспекты производственных систем в задаче адаптивного управления // Организатор производства. – 2009. – №4. – С.84-89.
12. Ивлев М.А. Метод порядковых диаграмм в задачах анализа и планирования инновационной деятельности // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И.Вернадского. – 2009. - №3(17). – С.128-134.
13. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.