УДК 519.6

И.В. Чумаченко, А.А. Лысенко

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ИГРОВОЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРОДУКЦИИ

Рассматриваются вопросы конкуренции между двумя производящими однотипную продукцию технико-экономическими системами, одна из которых лидирует, а другая стремиться вытеснить ее из конкурентного сегмента рынка. Задача моделируется дифференциальной игрой, в которой целью игроков является выбор стратегий финансирования развития новой техники.

технико-экономические системs, конкурентоспособность продукции

Постановка проблемы

Вступление Украины во Всемирную торговую организацию предполагает снятие протекционистских мер и таможенных ограничений на ввозимые товары, что ставит перед отечественными производителями проблему обеспечения конкурентоспособности своей продукции на конкретных сегментах внутреннего рынка. Если считать уровень конкурентоспособности продукции ведущих мировых производителей известной постоянной величиной, то сформулированная проблема сводиться к решению задачи оптимального управления ресурсами методами вариационного исчисления и математического программирования [1], в которой одна оперирующая сторона, выбирая ту или стратегию развития своего производства, стремиться как можно быстрее достичь заданного мирового уровня конкурентоспособности выпускаемой продукции. На самом деле значения показателей потребительских свойств товаров лидеров мирового рынка не является постоянными величинами, а целенаправленно изменяются с течением времени в сторону увеличения конкурентоспособности производимой продукции. В связи с этим в данной статье предлагается рассматривать проблему управления конкурентоспособностью производимой продукции как задачу преследования, где имеется не одна, а две оперирующие стороны, каждая из которых – лидирующая и преследующая, – имеет возможность выбирать стратегию развития собственного производства. При этом лидер стремиться, как можно дольше сохранять свое преимущество, а преследователь старается как можно быстрее ликвидировать свое отставание.

Основная часть

Рассматривается задача преследования одного управляемого объекта другим управляемым объектом, каждый из которых, являясь однотипным продуктом различных производств, характеризуется набором показателей потребительских свойств, определяющих их конкурентоспособность. Объект производства считается управляемым, если его состояние определяется некоторым вектором $\bar{x}$ фазового пространства, а изменение этого состояния описывается векторным дифференциальным уравнением:

$$\dot{\bar{x}} = \bar{f}(\bar{x}, \bar{u}), \qquad (1)$$

в котором вектор управляющих параметров $\bar{u}$ воплощает свободу выбора стратегии развития производства. Стратегия развития производства:

$$\bar{u} = \bar{u}(t) \qquad (2)$$

представляет собой событийный ряд статических дележей финансовых ресурсов, осуществляемых по мере течения времени и необходимых для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок:

$$u_1 = u_1(t),$$

для содержания и развития производственной базы:

$$u_2 = u_2(t)$$

и трудовых ресурсов:

$$u_3 = u_3(t),$$

а также для создания требуемого информационного обеспечения:

$$u_4 = u_4(t).$$

Для рассматриваемого случая управления конкурентоспособностью производимой продукции часть фазовых координат характеризует показатели потребительских свойств объекта производства, а остальные координаты задают скорости изменения этих показателей. В силу наличия управляющего вектора $\bar{u}$, уравнение (1) не задает конкретное изменение конкурентоспособности объекта управления, а только характеризует технико-экономические возможности его производства. Задание тем или иным способом вектора управляющих параметров как функции времени (2) определяет конкретную траекторию изменения конкурентоспособности объекта производства. В задаче преследования рассматриваются два объекта управлении: объект производства A с уравнением изменения состояния

$$\dot{\bar{x}}_a = \bar{f_a}\left(\bar{x}_a, \bar{u}_a\right) \tag{3}$$

и объект производства B с уравнением изменения состояния

$$\dot{\bar{x}}_b = \bar{f_b}\left(\bar{x}_b, \bar{u}_b\right).$$

В общем случае объекты управления A и B имеют различные как фазовые пространства $\{\bar{x}_a\}, \{\bar{x}_b\}$ так и управляющие параметры $\bar{u}_a, \bar{u}_b$. Задача преследования состоит в том, что лидирующий объект производства A движения в фазовом пространстве $\{\bar{x}_a\}$ согласно технико-экономическим возможностям своего производства, т.е. в силу уравнения (3), используя в каждый момент времени t свою свободу выбора вектора управляющих параметров $\bar{u}_a$, так чтобы как можно дольше сохранять свое лидерство.

Преследующий объект производства B стремиться как можно быстрее ликвидировать свое отставание от лидирующего объекта A, двигаясь согласно своим технико-экономическим возможностям, характеризуемым уравнением (4) и используя при этом свою свободу выбора вектора управляющих параметров $\bar{u}_b$. При этом преследующий объект производства B каждый момент времени t^* знает лишь свое состояние:

$$\bar{x}_b^* = \bar{x}_b\left(t^*\right)$$

и состояние лидирующего объекта производства A:

$$\bar{x}_a^* = \bar{x}_a\left(t^*\right),$$

но ни в коем случае не может знать дальнейшего поведения лидера. Преследование считается завершенным в момент, когда показатели конкурентоспособности лидирующего и преследующего объектов производства совпадают.

При решении сформулированной задачи преследования удобно объединить оба вектора $\bar{x}_a$ и $\bar{x}_b$ один вектор:

$$\bar{z} = \left(\bar{x}_a, \bar{x}_b\right),$$

т.е. составить прямую сумму R фазовых пространств обоих объектов управления.

Тогда совокупность уравнений (3) и(4) можно записать в виде одного векторного уравнения:

$$\dot{\bar{z}} = \bar{F}\left(\bar{z}, \bar{u}_a, \bar{u}_b\right). \tag{5}$$

В фазовом пространстве R совокупность все точек $\bar{z}$, в которых задача преследования считается завершенной, составляет некоторое многообразие M. Тогда сформулированная задача преследования сводиться к следующей дифференциальной игре двух лиц. В некотором фазовом пространстве R задано дифференциальное уравнение (4), правая часть которого зависит от двух управляющих векторных параметров $\bar{u}_a, \bar{u}_b$. Кроме того, в пространстве R задано многообразие M произвольной размерности. Игра состоит в том, что по мере течения времени каким-то способом задаются значения управляющего вектора $\bar{u}_a$, а значения управляющего вектора $\bar{u}_b$ выбираются в каждый момент времени так, чтобы закончить игру по возможности быстро. Игра считается законченной, когда вектор $\bar{z}$ оказывается принадлежащим многообразию M. Наличие двух игроков обуславливается наличием двух управляющих векторных параметров $\bar{u}_a, \bar{u}_b$. С исходной задачей преследования связано также предположение, что правая часть уравнения (5) распадается на сумму двух слагаемых, одно из которых зависит только от управляющего параметра $\bar{u}_a$, а другое – только от управляющего параметра $\bar{u}_b$:

$$F\left(\bar{z}, \bar{u}_a, \bar{u}_b\right) = F_a\left(\bar{z}, \bar{u}_a\right) + F_b\left(\bar{z}, \bar{u}_b\right).$$

Методика решения дифференциальных игр требует, чтобы размерность многообразия M была в точности на единицу меньше размерности пространства R[2]. В связи с этим ограничением необходимо считать, что преследование завершено не тогда, когда показатели конкурентоспособности объектов управления в точности совпали, а тогда, когда разность между ними стала равной некоторому положительному числу. По окончании игры становится известной численная величина называемая платой. Если интерес представляют только два качественно различных исхода игры – достигнута или нет цель преследования, то рассматривается игра качества, в которой определяются точные условии, разграничивающие эти возможности. В случае, когда интерес представляет некоторый континиум возможных исходов, то рассматривается игра степени, в которой целью одного игрока является максимизация паты, а другого – ее минимизация. Решение игры заключается в нахождении таких стратегий игроков в виде функций фазовых координат:

$$\bar{u}_a = \bar{\varphi}_a\left(\bar{z}\right);\ \bar{u}_b = \bar{\varphi}_b\left(\bar{z}\right),$$

которые обеспечивают оптимальное для них значение платы, называемое ценой игры. Если один из участников игры станет действовать не оптимально, то его противник получит возможность достичь платы более выгодной для него, чем цена игры.

Выводы

Таким образом, задача управления конкурентоспособностью объектов производства моделируется дифференциальной игрой, развитие которой характеризуется движением точки $\bar{z} = z_1,...,z_n$ в фазовом пространстве R, часть координат которого характеризует значения показателей потребительских свойств производимой продукции, а остальные координаты задают скорости изменения этих показателей. Движение точки $\bar{z}$ в фазовом пространстве описываются следующими дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dz_i}{dt} = \varphi_i\left(z_1,...,z_n, u_{a_1},...,u_{a_\lambda}, u_{b_1},...,u_{b_\omega}\right), \ i = \overline{1,n};$$

и все время находиться под частным контролем двух игроков путем надлежащего выбора своих управлений как функций фазовых координат:

$$\bar{u}_a = \bar{\varphi}_a\left(\bar{z}\right); \ \bar{u}_b = \bar{\varphi}_b\left(\bar{z}\right).$$

Решение игры определяет фазовые координаты как функции времени:

$$z_i = z_i(t), \ i = \overline{1,n}$$

и описывает течение игры соответствующее выбранным стратегиям развития конкурирующих производств:

$$\bar{u}_a = \bar{u}_a(t), \ \bar{u}_b = \bar{u}_b(t).$$

Список литературы

1. *Жак С.В. Математические модели менеджмента и маркетинга. – Ростов-на-Дону: ЛаПО, 1997. – 320 с.*

2. *Айзекс Р. Дифференциальные игры. – М.: Мир, 1967. – 479 с.*

Поступила в редколлегию 00.00.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Вартанян, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков