

УПРАВЛЕНИЕ

УДК 681.51

Е.Л. Еремин, И.А. Смаль, Е.А. Шеленок**АДАПТИВНО-ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
С ДИНАМИЧЕСКИМ КОРРЕКТОРОМ***Рассматривается задача синтеза комбинированной адаптивно-периодической системы управления априорно неопределенными линейными объектами с относительным порядком передаточной функции большим единицы. В качестве базовых методов решения используются критерий гиперустойчивости и условия L -диссипативности при структурных возмущениях синтезированной системы.***Ключевые слова:** *комбинированный алгоритм, критерий гиперустойчивости, динамический корректор, L -диссипативность.*

Введение. Одними из важных и актуальных задач современной теории автоматического управления являются вопросы синтеза управляющих систем для различных динамических объектов, работающих при наличии внешних возмущений и априорной неопределенности. Не менее важны проблемы проектирования различных алгоритмов систем управления периодического действия, главная цель функционирования которых – отработка задающего воздействия, имеющего циклический характер изменения. На сегодняшний день предложено достаточно много способов построения систем управления данного класса [1] – [5].

Хорошо известно, что в большинстве практических случаев непосредственному измерению доступны лишь выходные сигналы объектов регулирования. В данной ситуации для построения работоспособных контуров управления можно воспользоваться различными методами получения оценок внутренних переменных объекта (наблюдателей состояния, фильтров Калмана) [6], [7]. При необходимости построения регулятора без нахождения производных выходного сигнала объекта могут быть использованы подходы синтеза адаптивных, робастных и нелинейных алгоритмов невысокой размерности [8], [9]. Так, в работе [8] рассмотрен способ построения систем управления с применением динамического компенсатора, состоящего из последовательного соединения упругих звеньев. Данный подход получил дальнейшее

развитие в [10] – [12], где были сформулированы условия L -диссипативности, позволяющие, в частности, строить эффективные системы управления для линейных динамических объектов. На основании полученных результатов в [13] был предложен способ синтеза основного контура управления адаптивных систем с неявной эталонной моделью и быстродействующим динамическим корректором.

В настоящей работе рассматривается возможность применения результатов [3] – [5], [10] – [13] при решении задачи синтеза адаптивно-периодической системы управления неопределенным линейным объектом, работающим в циклических режимах.

Исходное математическое описание. Рассматривается линейный априорно неопределенный динамический объект управления (OY), в общем случае описываемый передаточной функцией вида:

$$W_{OY}(s) = \frac{\alpha_0 s^m + \alpha_1 s^{m-1} + \dots + \alpha_{m-1} s + \alpha_m}{s^n + \beta_1 s^{n-1} + \dots + \beta_{n-1} s + \beta_n} = \frac{\alpha(s)}{\beta(s)}, \quad (1)$$

где s – комплексная переменная; $\alpha(s)$, $\beta(s)$ – изображения по Лапласу выходного и входного сигналов, причем $\alpha(s)$ – гурвицев полином, $\beta(s)$ – полином с произвольным расположением корней; $\alpha_i = \alpha_i(\xi)$, $\beta_j = \beta_j(\xi)$ – некоторые пос-

тоянные числа, зависящие от вектора неизвестных параметров $\xi \in \Xi$, Ξ – известное множество, $i = 0, 1, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$; $\rho = n - m > 1$ – относительный порядок передаточной функции объекта управления.

К входу OY присоединим динамический корректор ($ДК$), состоящий из $k = \rho - 1$ последовательно соединенных упругих малоинерционных звеньев [13] и имеющий передаточную функцию вида:

$$W_{ДК}(s) = \frac{(T_*s + 1)^k}{(T_0s + 1)^k} = \frac{\delta(s)}{\gamma(s)}, \quad (2)$$

где T_*, T_0 – постоянные времени корректора, причем T_0 является достаточно малой; $\delta(s)$ и $\gamma(s)$ – гурвицевы полиномы.

Согласно [12], [13] будем считать, что реальному последовательному соединению OY (1) и $ДК$ (2) будет соответствовать эквивалентное соединение видоизмененного объекта управления ($БОУ$)

$$W_{БОУ}(s) = \frac{\alpha(s)\delta(s)}{\beta(s)} = \frac{(\alpha_0s^m + \alpha_1s^{m-1} + \dots + \alpha_{m-1}s + \alpha_m)(T_*s + 1)^k}{s^n + \beta_1s^{n-1} + \dots + \beta_{n-1}s + \beta_n} \quad (3)$$

и видоизмененного динамического корректора ($ВДК$)

$$W_{ВДК}(s) = \frac{1}{(T_0s + 1)^k} = \frac{1}{\gamma(s)}. \quad (4)$$

Тогда, считая блок (4) структурным возмущением, построение системы управления проведем в два этапа:

- во-первых, с помощью критерия гиперустойчивости синтезируем робастную систему управления;

- во-вторых, для синтезированной системы обеспечим вхождение всех ее траекторий в некоторое ограниченное множество при $t \rightarrow \infty$, т.е. L -диссипативность системы управления при структурном возмущении (4).

Пусть на OY (1) действует неизвестное внешнее возмущение $f(t)$, обладающее свойством

$$\begin{aligned} |f(t)| &\leq f_0, \\ f_0 &= const > 0. \end{aligned} \quad (5)$$

При рассмотрении блоков $БОУ$ (3) и $ВДК$ (4) на вход $БОУ$ будет подаваться такой видоизмененный сигнал внешнего возмущения $\tilde{f}(t)$, что

$$\tilde{f}(s) = \frac{1}{(T_*s + 1)^k} f(s), \quad (6)$$

где $f(s), \tilde{f}(s)$ – изображения исходного и видоизмененного сигналов внешней помехи.

По аналогии с [13] исключим из рассмотрения блок $ВДК$ (4) и рассмотрим так называемую упрощенную систему управления.

Запишем уравнения динамики $БОУ$ (3) с учетом внешнего возмущения (6) в типовой векторно-матричной форме записи

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + bu(t) + f(t), \quad y(t) = L^T x(t), \quad (7)$$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\beta_n & -\beta_{n-1} & \dots & -\beta_1 \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$L = \begin{pmatrix} l_n \\ l_{n-1} \\ \dots \\ l_1 \end{pmatrix}, \quad f(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ \tilde{f}(t) \end{pmatrix},$$

где $x(t) \in R^n$ – вектор переменных состояния; $u(t) \in R, y(t) \in R$ – скалярные входной и выходной сигналы соответственно; A – матрица состояния с априорно неизвестными параметрами; b – вектор управления; $f(t)$ – вектор внешних помех; L – некоторый вектор, формирующий выход объекта управления, причем полином $l(s) = l_1s^{n-1} + \dots + l_{n-1}s + l_n$ однозначно определяется числителем передаточной функции (3) и, как следствие, является гурвицевым.

Структуру регулятора определим в следующем комбинированном виде:

$$u(t) = \vartheta(t) + \chi(t)y(t). \quad (9)$$

Здесь $\vartheta(t), \chi(t)$ – настраиваемые коэффициенты контура адаптации.

Для задания желаемого качества переходных процессов воспользуемся неявным периодическим эталоном [3], [5]:

$$\frac{dx_*(t)}{dt} = A_0x_*(t) + b\theta_*(t), \quad (10)$$

$$y_*(t) = L^T x_*(t) = r(t+T),$$

где $x_*(t) \in R^n$ – требуемое поведение; $y_*(t) \in R$ – выход эталона, совпадающий с сигналом периодического задающего воздействия $r(t+T)$; $\theta_*(t) = \theta_*(t+T)$ – некоторый неявный периодический сигнал; $A_0 = (A + \chi_0 b L^T)$ – гурвицева матрица; $\chi_0 = const > 0$.

Постановка задачи синтеза системы. Для

упрощенной системы (7) – (10) при любом уровне априорной неопределенности $\xi \in \Xi$, любых начальных условиях $x(0)$ и внешних помехах $f(t)$ требуется определить явный вид алгоритмов настройки параметров $\vartheta(t)$ и $\chi(t)$ регулятора (9) таким образом, чтобы имело место выполнение целевых условий:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} |y_*(t) - y(t)| = \lim_{t \rightarrow \infty} |r(t+T) - y(t)| \leq \lambda_0, \\ \lim_{t \rightarrow \infty} \vartheta(t) = \vartheta(t+T), \lim_{t \rightarrow \infty} |\chi(t)| \leq \lambda_1, \quad (11)$$

где $\lambda_0, \lambda_1 = const > 0$ – некоторые относительно малые числа.

Алгоритмы регулятора упрощенной системы управления. На основании результатов, полученных в [3], [5], с помощью типовой методики критерия гиперустойчивости можно показать, что при рассмотрении эквивалентного математического описания упрощенной системы (7) – (10)

$$\frac{de(t)}{dt} = A_0 e(t) + b\mu(t), z(t) = r(t+T) - y(t), \quad (12) \\ \mu(t) = -(\vartheta(t) - \theta(t)) - (\chi(t) - \chi_0)y(t),$$

где $e(t) = x_*(t) - x(t) \in R^n$ – вектор рассогласования состояний эталона (10) и объекта (7), (8); $\mu(t) \in R$ – сигнал видоизмененного управления; $z(t) \in R$ – рассогласования выходов эталонной модели и объекта управления; явный вид алгоритмов самонастройки регулятора (9) примет вид:

$$\vartheta(t) = \vartheta(t-T) + h_0 z(t), \quad (13)$$

$$\chi(t) = h_1 \int_0^t y(s)z(s)ds + h_2 y(t)z(t), \quad (14)$$

где T, h_0, h_1, h_2 – произвольные положительные константы; $\vartheta(s) = 0, s \in [-T, 0]$.

В результате в замкнутой системе управления (7) – (10), (13), (14) с течением времени будут выполнены предельные целевые условия ее функционирования (11).

Условия L-диссипативности гиперустойчивой системы. Для определения условий L-диссипативности синтезированной упрощенной системы (7) – (10), (13), (14) рассмотрим ее установившийся режим при структурном возмущении (4).

Устойчивость структурно возмущенной упрощенной системы в установившемся режиме будет определяться гурвицевостью характеристического многочлена

$$(T_0 s + 1)^k (s^n + \beta_1 s^{n-1} + \dots + \beta_{n-1} s + \beta_n) + \\ + \chi_0 (l_1 s^{n-1} + \dots + l_{n-1} s + 1) \quad (15)$$

передаточной функции

$$W(s) = \frac{\chi_0 \alpha(s) \delta(s)}{(T_0 s + 1)^k \beta(s) + \chi_0 \alpha(s) \delta(s)},$$

записанной с учетом последовательного соединения ВДК (4) и БОУ (3), передаточная функция которого имеет вид:

$$W_{KO}(s) = \frac{\alpha(s) \delta(s)}{\gamma(s) \beta(s)} = \frac{\alpha(s) \delta(s)}{(T_0 s + 1)^k \beta(s)}.$$

Согласно [12], [13] приравнявая к нулю выражение (15), а также принимая во внимание функционирование системы в условиях неопределенности заданного класса $\xi \in \Xi$, L-диссипативность рассматриваемой системы будет достигаться за счет выбора величины постоянной времени T_0 из решения неравенств

$$0 < T_0 \leq \chi_0^{-1}, \quad (16)$$

$$T_0 \leq \frac{0.93}{(n-m-2)l_1^+ \chi_0}, T_0 \leq \frac{0.465l_1^-}{(n-m-1)l_2^+}. \quad (17)$$

Кроме этого, наличие структурного возмущения (4) обуславливает необходимость модификации алгоритма адаптивной настройки (14). Вводя нелинейный элемент с зоной нечувствительности, перепишем выражение (14) в следующем эквивалентном виде:

$$\chi(t) = \begin{cases} h_1 \int_0^t y(s)z(s)ds + h_2 y(t)z(t), & \forall |z(t)| > \phi, \\ 0, & \forall |z(t)| < \phi, \end{cases} \quad (18)$$

где $\phi = const > 0$ – величина зоны нечувствительности.

Таким образом, модификация (18) алгоритма настройки $\chi(t)$ и расчет с помощью уравнений (16), (17) постоянной времени корректора T_0 обеспечивают устойчивость и диссипативность системы (7) – (10), (13), (18) в установившемся режиме.

Вычислительный эксперимент. С целью анализа качества работы построенной автоматической системы рассмотрим задачу управления линейным объектом

$$W_{OY}(s) = \frac{1}{s^3 + \beta_1 s^2 + \beta_2 s + \beta_3}, \quad (19)$$

с динамическим корректором

$$W_{DK}(s) = \frac{(T_* s + 1)^2}{(T_0 s + 1)^2}, T_* = 1, \quad (20)$$

и внешними возмущениями

$$f(t) = \sigma |\sin \omega t|, \quad (21)$$

где уровень априорной неопределенности задан неравенствами:

$$\begin{aligned} -2 \leq \beta_1 \leq 20, \quad -10 \leq \beta_2 \leq 3, \quad -2 \leq \beta_3 \leq 5, \\ -2 \leq \sigma \leq 2, \quad 0.1 \leq \omega \leq 1. \end{aligned} \quad (22)$$

Сформируем требуемое поведение объекта в виде уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 r(t)}{dt^2} + r_0 \frac{dr(t)}{dt} = r_1(r(t) - \tilde{r}(t)), \\ r_0 = 8,3; \quad r_1 = 16,7; \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \tilde{r}(t) = 1,2 - 0,2(e^{0,5(1-\cos \pi t)} - 1) + \\ + 0,5(1 - \cos 0,5\pi t) \end{aligned}$$

и промоделируем систему управления, приняв неизвестные коэффициенты объекта (19) со значениями:

$$\beta_1 = 14; \quad \beta_2 = -3; \quad \beta_3 = -1.$$

В результате вычислительного эксперимента значения постоянных параметров комбинированного регулятора (19), (13), (18) и динамического корректора (20) были выбраны в виде:

$$\begin{aligned} h_0 = 300; \quad h_1 = 90; \quad h_2 = 70; \quad T = 4; \\ \phi = 0,00001; \quad T_0 = 0,0002. \end{aligned} \quad (24)$$

Динамические процессы в рассматриваемой системе представлены на рисунках 1 – 4.

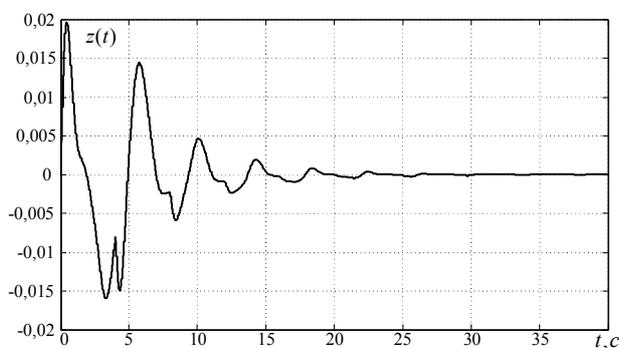


Рисунок 1 – Ошибка регулирования $y(t) - r(t)$

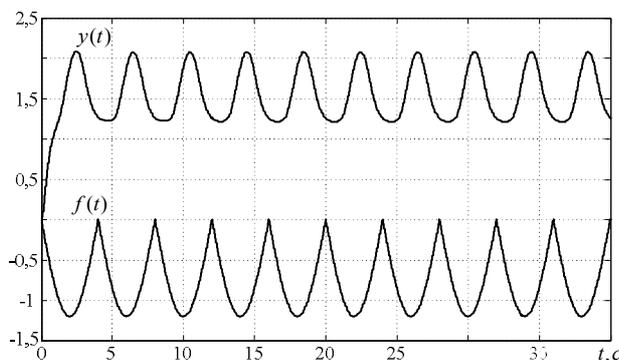


Рисунок 2 – Выход $y(t)$ и возмущение $f(t)$ объекта управления

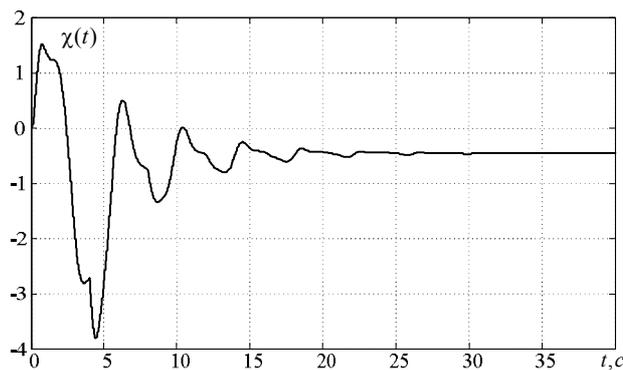


Рисунок 3 – Процесс самонастройки коэффициента $\chi(t)$ регулятора (9)

Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод о высоком качестве работы построенной адаптивной системы, в которой при достаточно мощном внешнем возмущении обеспечивается высокоточная отработка задающего воздействия (рисунок 2) наряду с выполнением предельных целевых условий (11) – рисунки 1, 3 и 5.

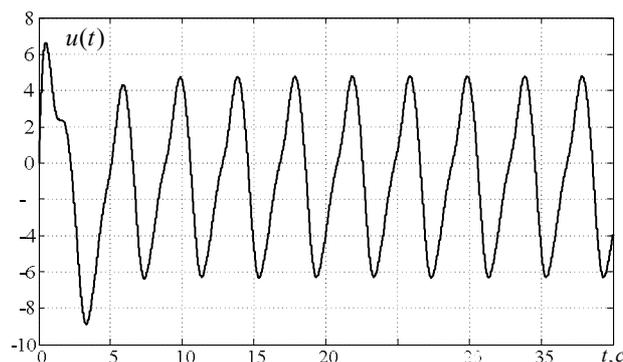


Рисунок 4 – Управляющее воздействие

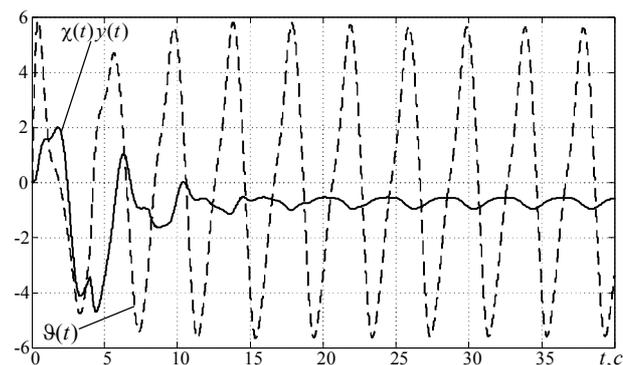


Рисунок 5 – Составляющие сигнала управления

Необходимо также отметить, что при выбранных параметрах регулятора (24) формирование управляющего сигнала $u(t)$ (рисунок 4) в большей степени зависит от периодической составляющей $\vartheta(t)$. Роль адаптивной части регулятора $\chi(t)y(t)$ оказывается несущественной (рисунок 5), но достаточной для возникновения на выходе объекта регулирования (19)

требуемого периодического режима.

Заключение. С помощью критерия гиперустойчивости и свойств L -диссипативности решена задача построения адаптивно-периодической системы управления с быстродействующим блоком коррекции для линейных объектов с относительным порядком передаточной функции, большим единицы. На этапе имитационного моделирования показано, что при соответствующем выборе параметров комбинированного регулятора и динамического корректора синтезированная система управления обладает хорошим качеством.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки России вузам на выполнение НИОКР. Мероприятие 1. «Проведение вузами фундаментальных и прикладных научных исследований и экспериментальных разработок». Темплан НИР ТОГУ на 2012 г., проект – «Алгоритмы адаптивного и робастного управления в системах с динамическим корректором»

Библиографический список

1. Shinji Hara, Yutaka Yamamoto, Tohru Omara, Micho Nakato. Repetitive Control System: A New Type Servo System for Periodic Exogenous Signals // IEEE Transactions on automatic control. 1988. – Vol. 33, N 7. – P. 659 – 668.
2. Zhen Zhang, Andrea Serrani. Adaptive Robust Output Regulation of Uncertain Linear Periodic Systems // IEEE Transactions on automatic control. 2009. – Vol. 54, N 2. – P. 266 – 278.
3. Еремин Е.Л. Нелинейные преобразования алгоритмов прямого адаптивного управления непрерывными объектами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 1994.
4. Еремин Е.Л., Капитонова М.С. Адаптивная система управления T -периодическими нелинейными объектами // Проблемы управления. 2007. – № 1. – С. 2 – 7.

5. Еремин Е.Л., Теличенко Д.А., Шеленок Е.А. Комбинированные алгоритмы системы робастно-периодического управления нелинейным объектом с запаздыванием // Информатика и системы управления. 2009. – № 3(21). – С. 125 – 135.

6. Краснова С.А. Каскадный синтез наблюдателей состояния динамических систем: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 2003. – 38 с.

7. Еремин Е.Л., Кван Н.В., Семичевская Н.П. Робастное управление нелинейным объектом с наблюдателем полного порядка и быстродействующей эталонной моделью // Информатика и системы управления. – 2008. – № 4(18). – С. 122 – 130.

8. Бобцов А.А. Адаптивное и робастное управление параметрически и функционально неопределенными объектами в условиях возмущений и запаздывания: дис. ... д-ра техн. наук. – СПб.: СПбГУИТМО, 2006.

9. Бобцов А.А., Николаев Н.А. Синтез управления нелинейными системами с функциональными и параметрическими неопределенностями на основе теоремы Фрадкова // Автоматика и телемеханика. – 2005. – № 1. – С. 118 – 129.

10. Еремин Е.Л. L -диссипативность гиперустойчивой системы управления при структурном возмущении. I // Информатика и системы управления. – 2006. – № 2(12). – С. 94 – 101.

11. Еремин Е.Л. L -диссипативность гиперустойчивой системы управления при структурном возмущении. II // Информатика и системы управления. – 2007. – № 1(13). – С. 130 – 139.

12. Еремин Е.Л. L -диссипативность гиперустойчивой системы управления при структурном возмущении. III // Информатика и системы управления. – 2007. – № 2(14). – С. 153 – 164.

13. Еремин Е.Л. Адаптивная система управления с неявным эталоном и блоком быстродействующей коррекции // Информатика и системы управления. – 2012. – № 1(31). – С. 175 – 186.

УДК 338.24

Б.П. Воловиков

УПРАВЛЕНИЕ ПОРТФЕЛЕМ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СЦЕНАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Представлены результаты исследований и финансового анализа проекта технического перевооружения промышленного предприятия. Анализ чувствительности проекта позволил ранжировать факторы, определяющие эффективность проекта, и скорректировать план модернизации технологической базы предприятия.

Ключевые слова: управление проектом, техническое перевооружение промышленного предприятия, анализ чувствительности проекта, сценарное планирование, оптимальное управление проектом.

Введение. Актуальной и наиболее темой, неоднократно поднимаемой правительством и отраслевыми министерствами, является модернизация морально и физически устаревшей технологической базы большинства российских промышленных предприятий. Особенно ярко эта проблема проявляется в высокотехнологичных производствах, для которых конкурентоспособность является основным и ключевым фактором успеха [1]. В качестве инструмента оценки эффективности модернизации технологической базы промышленного предприятия целесообразно применить именно проектный подход, позволяющий в первую очередь проанализировать наиболее важную финансовую сторону предлагаемых мероприятий [2,3]. В качестве объекта исследований было выбрано крупное промышленное предприятие радиоэлектронной отрасли, являющееся одним из лидеров на рынке радиорелейных систем связи и нуждающееся в техническом перевооружении производственной базы. Повысить эффективность процесса планирования технического перевооружения завода можно различными путями, в том числе и с применением проектного подхода, ориентированного на рынок [1,4]. Без маркетинговых прогнозов и представления динамики развития рыночных процессов невозможно обеспечить эффективность процесса модернизации, так как процесс этот длительный и на рынке могут происходить различные негативные и позитивные явления [5-8]. Правильно выбранная маркетинговая стратегия, без понимания которой, как показала практика, невозможны никакие преобразования и в первую очередь технологические, а также обоснованный выбор технологического оборудования являются главными факторами, определяющими успех процесса модернизации.

Целью исследований является повышение эффективности технического перевооружения промышленного предприятия с применением проектного подхода. Под показателями эффективности производства понимается в первую очередь трудоемкость изделий, определяющая себестоимость выпускаемой продукции, а также производительность и качество изделий. Для достижения намеченной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) разработка бизнес-моделей всех основных производственных подразделений предприятия как самостоятельных бизнес-единиц;
- 2) формирование портфеля проектов технического перевооружения всего предприятия;
- 3) оценка инвестиционной привлекательности каждого проекта и всего портфеля;

4) сценарный анализ процесса технического перевооружения и выбор приоритетов стратегического развития предприятия.

Теоретическая часть. Бизнес-модель является главным инструментом, определяющим экономическую эффективность каждого цеха предприятия. Предметом труда, себестоимость которого планируется снизить в результате модернизации, является комплект унифицированных изделий, входящих в состав конечного продукта. В качестве критериев оценки эффективности проектов были применены стандартные показатели, широко применяемые в международной практике: чистый приведенный доход, коэффициент рентабельности чистой прибыли, дисконтированный срок окупаемости и т.п. Расчет этих показателей проводился по известным аналитическим выражениям:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

где NPV - чистый приведенный доход, r - ставка дисконтирования, n - число периодов, CF_t - денежные потоки в период t , I_t - объем инвестиций.

$$Rep = Pr/V_s, \quad (2)$$

где Rep - прибыльность продаж, Pr - чистая прибыль, V_s - суммарная выручка.

DPP - дисконтированный срок окупаемости, определяемый как количество периодов, за которые вернутся первоначальные инвестиции, рассчитывается по формуле

$$\sum_{t=1}^{DPP} \frac{CF_t}{(1+r)^t} > I_0. \quad (3)$$

Экспериментальная часть. Целью управления портфелем проектов является выбор оптимального варианта реализации проекта. Под критерием оптимальности варианта реализации проекта понимается набор показателей и условий, соответствующих следующим требованиям:

- 1) срок окупаемости всего портфеля проектов не должен превышать заданной инвестором величины (в конкретном случае инвестор ограничил дисконтированный срок окупаемости пятью годами);
- 2) выбрать оборудование, позволяющее снизить трудоемкость минимум на 40 % (инвестиции в это оборудование должны окупиться в заданные инвестором сроки окупаемости, поэтому с точки зрения теории оптимизации тип оборудования является варьируемым параметром);
- 3) обеспечить загрузку оборудования, соответствующую ограниченному сроку окупаемости;

ти с выбранным набором технологического оборудования. Критерием эффективности при сравнении различных вариантов проекта было принято значение чистого приведенного дохода, определяющего финансовый результат проекта.

Допустимые инвесторами сроки окупаемости определены равными не более 5 годам, поэтому объемы инвестиций должны соответствовать тому уровню прибыльности, который позволит вернуть затраченные на модернизацию средства именно за этот период. Первоочередной задачей был расчет прибыльности и сроков окупаемости проекта модернизации в результате замены оборудования, т.е. была решена обратная задача управления проектом: по допустимому заданному сроку окупаемости определить перечень оборудования для технического перевооружения завода. При расчете снижения трудоемкости за счет модернизации величина трудоемкости на новом оборудовании принята меньше на 40 % по сравнению со старым оборудованием. Такое предположение было сделано, исходя из самых реалистичных прогнозов, несмотря на заверения и обещания поставщиков оборудования сократить трудоемкость в 2,5-10 раз.

Для того чтобы определить, можно ли при данных инвестициях добиться заданного инвестором срока окупаемости, были проведены расчеты с применением моделей цехов с различными значениями трудоемкости, включая и нулевое значение, и было установлено, что при таких первоначальных объемах инвестиций никогда не удастся выдержать поставленные сроки окупаемости при любых минимальных значениях трудоемкости. Поэтому было предложено пересмотреть весь план технического перевооружения и секвестировать его до той величины, которая будет соответствовать заданному допустимому сроку окупаемости проекта. С целью определения границ устойчивости проекта были проведены исследования проекта на чувствительность и выбраны пути повышения эффективности проекта в целом.

Сценарный анализ с учетом возможных рыночных колебаний позволяет найти тот минимальный объем продаж, который поможет выдержать заданные сроки окупаемости. Определить, насколько удастся повысить эффективность производства и как повлияют изменения на рынке на финансовую устойчивость проекта, – задачи проектного менеджера на этапе аналитических исследований. Новизной предлагаемого подхода к формированию оптимального портфеля является создание методики, позволяющей одновременно учесть технологическую,

финансовую и маркетинговую составляющие портфеля. Предлагаемые современные методики, основанные на имитационном моделировании, носят слишком абстрактный характер [9]. Смоделируем различные сценарии развития событий по проекту, создавая следующие ситуации:

1) при различных значениях трудоемкости (предполагая, что на рынке технологий имеются варианты с различными соотношениями показателей цена/качество, обеспечивающие разные снижения трудоемкости, были рассмотрены варианты снижения трудоемкости на 40, 50 и 60 %);

2) при различных объемах продаж (разные варианты развития рыночных ситуаций);

3) при различных ценах продаж (маловероятно, но следует также учитывать и возможное снижение цен из-за усиления конкурентной напряженности на рынке).

В таблице представлены финансовые показатели проекта технического перевооружения завода при снижении трудоемкости на 40% и трех сценариях ситуации на рынке (при различных объемах продаж).

Финансовые показатели проекта при снижении трудоемкости на 40%

Показатель	100 % объема продаж	150 % объема продаж	200 % объема продаж
Чистая прибыль в месяц, руб.	8 783 105,55	17 021 283,81	21 214 562,34
NPV (за 5 лет), руб.	12 854 875,85	266 077 066,36	393 119 220,96
Срок окупае мости, год	4,72	2,44	2,04

Как показали результаты, намного более чувствительным проект оказался к изменению объема продаж, чем к снижению трудоемкости. Увеличение объема продаж в 1,5 раза позволяет сократить срок окупаемости в 1,9 раза и повысить во столько же раз чистую прибыль. Снижение трудоемкости на 10% снизит срок окупаемости в 1,07 раза, обеспечивая рост чистой прибыли всего лишь в 1,05 раза.

Заключение. Анализ результатов сценарного планирования позволяет сделать следую-

щий вывод: проект нуждается в большей степени в маркетинговой поддержке, чем в тщательном выборе технологического оборудования: как бы мы не снижали трудоемкость подбором новых линий и станков, эффект будет меньшим, чем при увеличении объемов продаж. Учитывая, что цена технологий мирового уровня может отличаться в несколько раз от среднего значения стоимости, а затраты на маркетинговое продвижение новой продукции будут намного меньше этой суммы, целесообразно формировать концепцию стратегического развития предприятия, акцентируя внимание на маркетинговой составляющей. Данный проект без маркетинговой поддержки вообще не имеет смысла: только рассчитывая на захват дополнительной доли рынка, можно приступать к техническому перевооружению завода. Активизация предприятия на рынке с новой маркетинговой стратегией, расширение номенклатуры продукции, освоение выпуска инновационных продуктов, по технико-экономическим характеристикам отвечающих требованиям заказчика, совместно с рекламной кампанией – мероприятия, позволяющие увеличить товарооборот предприятия и обеспечить наибольшую эффективность.

Сравнительный анализ позволил определить те показатели, которые обеспечат максимально допустимый положительный эффект от реализации проекта модернизации предприятия: снижение трудоемкости рекомендуется на 60 % (следует подбирать новое оборудование, удовлетворяющее этому требованию), увеличение продаж должно быть не меньше, чем в 1,5 раза (план продаж на таком уровне должен быть согласован с маркетологами и принят к исполнению, и это главное условие успешности проекта), объем инвестиций не должен превышать 573 млн руб. Стремление выдержать оптимальный сценарий во многом зависит от эффективности системы поддержки принятия решений. Любые непредвиденные изменения во внешней среде, вызванные активизацией конкурентов или какими-то другими факторами,

требуют быстрого принятия решений на основе тех прогнозов, которые может предоставить бизнес-модель проекта.

Предложенная модель по сравнению с известными позволяет повысить эффективность управления проектом за счет применения системного подхода, основанного на учете динамики финансовой, производственной и самое главное, маркетинговой составляющих.

Библиографический список

1. Ивахник Д.Е., Григорьева В.З. Оптимизация производственной программы предприятия в условиях рыночных отношений //Маркетинг в России и за рубежом// N1 -2004.
2. Андерсен Э., Груде К, Хауг Т. Сфокусированное управление проектом/ Э. Андерсен, К. Груде, Т. Хауг/ - Пер. с англ. В.Егорова. - М.: ФАИР-ПРЕСС, 2006. - 296 с.
3. Кужева С.Н. Управление проектами изменений в организации //Управление проектами. Информационно-аналитический журнал №9, 2007 (с. 26-35).
4. Управление проектами/Д. Данроуз; пер. с англ. – М.: Эксмо, 2008. – 240 с. – (Высокий старт)
5. Воловиков Б.П., Ушакова Т.В., Жаворонков С.А., Функциональный анализ факторов внешней среды на примере промышленного предприятия Екатеринбург, 2008, «Налоги и финансовое право», ежемесячный журнал, рекомендованный ВАК, N11 (2008), С.208-213. Издательство «Налоги и финансовое право» - 247 с.
6. Воловиков Б.П. Применение комплексного подхода к формированию корпоративной стратегии// Практический маркетинг N9 (163) -2010, с. 32-36
7. Воловиков Б.П. Корректировка маркетинговой стратегии предприятия на основании результатов исследований рынка //Маркетинг в России и за рубежом, N6-2010, с. 62-63
8. Дюков И.И. Стратегии развития бизнеса. Практический подход. – СПб.: Питер.2008.- 236 с.:ил.- (Серия «Владельцы бизнеса»)
9. Romanov V., Naletova O., Panteleeva E., Federyakov A. The Simulation of News and Insiders' Influence on Stock-market Price Dynamics in a Non-linear Model // Computational Finance and its Applications II. Second International Conference on Computational Finance / M. Constantino, C.A. Brebbia (eds.). Southampton, UK: WIT Press, 2006. P. 309–318.