УДК 519.86:338.3

С. Г. СЕЛИВАНОВ, О. Ю. ПАНЬШИНА

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Представлена новая математическая модель для обоснования смены технологических укладов. Для решения данной задачи используется математическая модель «производственных функций» средствами дифференциальных уравнений. Она превосходит известные зарубежные аналоги, такие как математические модели Кобба–Дугласа и Солоу, которые недостаточно учитывают влияние научно-технического прогресса на развитие производства. Рассматривается новая система научно-технической подготовки производства, которая разрабатывается в приложении к предприятиям ОПК.
Технологические уклады; математическое моделирование; научно-технический прогресс; научно-техническая подготовка производства

Селиванов Сергей Григорьевич

проф., каф. технол. машиностроения. Дипл. инж. по автоматиз. и комплексн. механиз. машиностроения (УАИ, 1970). Д-р техн. наук по технол. машиностроения (Мосстанкин, 1991). Иссл. в обл. технол. подготовки, реконструкции, теории организации производства.

Паньшина Ольга Юрьевна

аспирантка той же кафедры, инженер ОАО «УМПО». Дипл. магистр техники и техногогии по технологии машиностроения (УГАТУ, 2006).

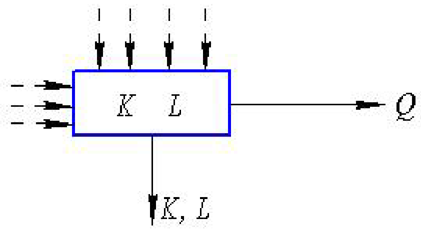
Технологические уклады – это целостные комплексы технологически сопряженных производств, периодический процесс последовательного замещения которых определяет «длинноволновой» ритм современного экономического роста [1, 2]. Смена инновационными средствами доминирующих технологических укладов всегда сопровождается серьезными сдвигами в изменении технического уровня производства и его конкурентоспособности.

Для исследования закономерностей и разработки моделей смены технологических укладов можно воспользоваться математическими моделями «производственных функций» [3, 4]. Производственная функция устанавливает зависимость между количеством применяемых ресурсов и максимально возможным объемом выпускаемой продукции в единицу времени, она обобщенно описывает всю совокупность технически эффективных способов производства (технологий).

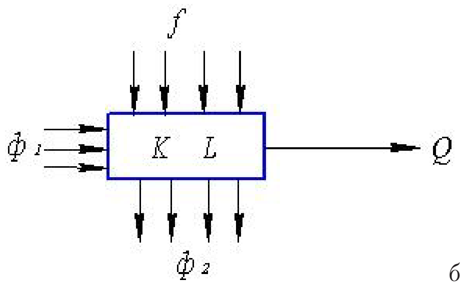
Рассмотрим два типа производственных функций, представленных в виде следующих схем (рис. 1).

Эмпирическая схема (*а*) иллюстрируется производственной функцией Кобба–Дугласа, которая учитывает только параметры состояния системы (объемы используемых производственных ресурсов — объем основных фондов K и число занятых людей L, т. е. $Q = f(K, L)$).

Необходимость учета входных переменных, факторов внешней среды и параметров состояния производственной системы привела к появлению моделей, обобщенная схема которых представлена на схеме (*б*). К факторам внешней среды относятся: социальные, политические, природно-климатические и другие. В качестве входных переменных могут выступать: инвестиции, т. е. капиталовложения, и приток рабочей силы. При этом научно-технический прогресс (НТП) может рассматриваться по всем группам факторов входных переменных, внешней среды и состояния системы. НТП проявляется в росте эффективности ресурсов.



а



б

Рис. 1. Схемы системотехнического представления производственных функций: f — факторы внешней среды; $ф_1$ — входные переменные; $ф_2$ — параметры состояния; *а* — эмпирическая концептуальная модель; *б* — системотехническая концептуальная модель

Математические модели производственных функций, отображающие схемы (рис. 1), описывают различными аналитическими соотношениями: Кобба–Дугласа, Солоу, Солтера, ПЭЗ, Леонтьева [3, 5]. Рассмотрим возможности использования производственных функций для математического моделирования процесса смены технологических укладов ($4 \to 5$ и/или $5 \to 6$, здесь 4 — технологический уклад, основан на существующих технологиях использования двигателей внутреннего сгорания и связанных с ними технологиях автомобилестроения и нефтехимических производств; 5 — технологический уклад, основан на быстро развивающихся компьютерных технологиях и технологиях микроэлектроники в наиболее развитых странах мира, а 6 — технологический уклад — это перспектива создания биотехнологий, нанотехнологий и аэрокосмических технологий будущего).

На основании изложенных предпосылок предложена новая производственная функция, которая одновременно учитывает и инвестиции в основные производственные фонды, и инвестиции в «человеческий капитал», что характерно для современного этапа развития передовых стран:

$$F(K, L) = K^{\alpha} H^{\beta} \left(A e^{jt} L\right)^{1-\alpha-\beta}, \tag{1}$$

где K — объем основных фондов; H — функция изменения состава высокопрофессиональной рабочей силы с учетом вложений в «интеллектуальный капитал» за счет формирования систем профессионального образования, основанных на инновационных образовательных технологиях и креативной педагогике; α — коэффициент эластичности производства по K; β — коэффициент эластичности производства по L; α и β отражают роль названных факторов в приросте конечного продукта.

Функцию изменения «интеллектуального капитала» можно представить в виде

$$H = e^{\Phi(t)} L, \tag{2}$$

где $e^{\Phi(t)}$ — эффективность единицы рабочей силы, имеющей t лет профессионального образования, по сравнению с единицей рабочей силы, имеющей общее образование.

На основе указанных выше условий можно построить математическую модель процесса смены технологических укладов, где инвестиции в смену технологических укладов можно осуществить в отношении названных ниже трех этапов: накоплений, отдачи накоплений и завершения переходного процесса к новому технологическому укладу.

При этом необходимо уточнить начальные условия для построения производственных функций: $\alpha + \beta \leqslant 1$; $0 < \alpha < 1$.

Накопления связаны в первую очередь с изменением капитальных вложений. Это изменение (ΔK_i) во времени происходит за счет износа и выбытия основных фондов старого технологического уклада и инвестиций в инновационные проекты развития производства новых технологических укладов за определенный промежуток времени Δt:

$$\Delta K_i = -\mu K_i \Delta t + I \Delta t, \tag{3}$$

где μ — доля выбывших за год основных производственных фондов; K_i — капитальные вложения в i-м технологическом укладе, $i = 0, 1$, I — инвестиции, которые определяются как $I = p(1-a)F(K, L)$, C — фонд непроизводственного потребления, $C = (1-p)(1-a)F(K, L)$, где a — коэффициент прямых затрат (доля промежуточного продукта в валовом выпуске); p — норма накопления (доля валовых инвестиций во внутренний валовый продукт).

Таким образом, основные фонды нового способа производства (нового технологического уклада) удовлетворяют дифференциальному уравнению (4):

$$\frac{dK_i}{dt} = -\mu K_i + p(1-a)K_i^{\alpha} H^{\beta} (Ae^{jt} L_i)^{1-\alpha-\beta}, \tag{4}$$

где L_i — число занятых людей в i-м технологическом укладе, $i = 0, 1$.

Подставив в уравнение (4) $K_i = k_i L_i$, получим

$$\frac{d(k_i L_i)}{dt} = -\mu(k_i L_i) + p(1-a)(k_i L_i)^{\alpha} H^{\beta} (Ae^{jt} L_i)^{1-\alpha-\beta}.$$

Разделив вышеприведенное уравнение на k_i, получим

$$\frac{dL_i}{dt} = -\mu L_i + p(1-a)k_i^{\alpha-1} L_i^{1-\beta} H^{\beta} (Ae^{jt})^{1-\alpha-\beta}, \tag{5}$$

где k_i — фондовооруженность в i-м технологическом укладе, $i = 0, 1$.

Функция ф(t) описана с помощью линейной зависимости и представлена в общем аналитическом виде следующим образом: $\phi(t) = b + qt$.

Рассмотрим названные выше этапы смены i-го технологического уклада на $(i+1)$ технологический уклад с использованием полученных зависимостей (4) и (5) более подробно.

Первый этап — это этап накоплений ($0 < t < \tau$). Здесь τ — лаг инвестиций этапа. Накопления происходят за счет сокращения удельного потребления в старом технологическом укладе до минимально допустимого уровня $\mathrm{c}_{\min}$, отдачи от вложений в новый способ еще нет, поэтому в этих условиях действует преимущественно старый способ производства — предшествующего технологического уклада:

$$I(t) = (c_0 - \mathrm{c}_{\min})L_0 t, \tag{6}$$

где c_0 — удельное потребление на начало процесса смены технологического уклада.

Второй этап — это этап отдачи накоплений ($\tau < t < 2\tau$). Накопления старого способа производства (предшествующего технологического уклада), инвестированные в новый технологический уклад, начинают давать отдачу. Старый способ при этом постепенно прекращает накопления для нового, а новый способ начинает осуществлять накопления для своего самостоятельного развития.

Темпы роста основных производственных фондов с учетом объединения данных уравнений (4) и (6), а также уравнения (2) удовлетворяют следующему дифференциальному уравнению:

$$\frac{dK_1}{dt} = -\mu K_1 + p(1-a)A^{1-\alpha-\beta} e^{\beta\phi(t) + j(1-\alpha-\beta)t} K_1^{\alpha} L_1^{1-\alpha} + (c_0 - c_{\min})L_0, \tag{7}$$

$K_1(\tau) = 0$, где $K_1(\tau)$ — фонды нового технологического уклада на момент завершения первого этапа.

Подставив известное соотношение $K_1 = k_1 L_1$ в уравнение (7), получим

$$\frac{d(k_i L_i)}{dt} = -\mu(k_i L_i) + p(1-a)(k_i L_i)^{\alpha} H^{\beta}(A e^{jt} L_i)^{1-\alpha-\beta} + (c_0 - c_{\min})L_0.$$

Разделив вышеприведенное уравнение на k_1, получим

$$\frac{dL_1}{dt} = -\mu L_1 + p(1-a)A^{1-\alpha-\beta} e^{\beta\phi(t)+j(1-\alpha-\beta)t} k_1^{\alpha-1} L_1 + \frac{(c_0 - c_{\min})L_0}{k_1}, \tag{8}$$

при этом начальное условие формирования нового технологического уклада $L_1(\tau) = 0$, где $L_1(\tau)$ — численность профессионально подготовленной рабочей силы нового технологического уклада на конец первого этапа, так как на этот момент в системе профессионального образования еще не сформировались новые инновационные образовательные технологии для широкомасштабной подготовки специалистов, ориентированных в своей профессиональной деятельности на развитие данного технологического уклада.

Уравнение (8) является линейным уравнением первого порядка. Решение данного уравнения можно представить следующим образом:

1) представим уравнение (8) в общем виде

$$\frac{dL_1}{dt} + P(t)L_1 = Q,$$

где $P(t) = -(p(1-a)A^{1-\alpha-\beta} e^{\beta\phi(t)+j(1-\alpha-\beta)t} k_1^{\alpha-1} - \mu)$; $Q = \frac{(c_0 - c_{\min})L_0}{k_1}$;

2) представим функцию L_1 в виде $L_1 = uv$;

3) производная функции L_1 с учетом п. 2 $L' = u'v + v'u$;

4) тогда с учетом сказанного уравнение из п. 1 примет вид

$$u'v + v'u + P(t)uv = Q.$$

Преобразуя данное уравнение, получим

$$u'v + u(v' + P(t)v) = Q.$$

Необходимо найти такое v, чтобы $v' + P(t)v = 0$.

Таким образом

$$\frac{dv}{dt} = -P(t)v; \qquad \int \frac{dv}{v} = -\int P(t)\,dt.$$

С использованием вышеприведенного метода решения дифференциальных линейных уравнений первого порядка определим функцию $L_1(t)$ из уравнения (8).

Решение:

$$\int_{\tau}^{t} \frac{dv}{v} = \int_{\tau}^{t} \left(p(1-a)A^{1-\alpha-\beta} k_1^{\alpha-1} e^{\beta\phi(t)+j(1-\alpha-\beta)t} - \mu\right) dt.$$

Подставив в вышеприведенное уравнение $\phi(t) = b + qt$, получим

$$\int_{\tau}^{t} \frac{dv}{v} = \int_{\tau}^{t} \left(p(1-a)A^{1-\alpha-\beta} k_1^{\alpha-1} e^{\beta b+(\beta q+j(1-\alpha-\beta))t} - \mu\right) dt;$$

$$\ln v\,|_{\tau}^{t} = p(1-a)A^{1-\alpha-\beta} k_1^{\alpha-1} \int_{\tau}^{t} e^{\beta b} e^{(\beta q+j(1-\alpha-\beta))t} dt - \int_{\tau}^{t} \mu\, dt;$$

$$\ln v - 0 = p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}\frac{1}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}\ e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t}\Big|_{\tau}^{t} - \mu t\ |_{\tau}^{t};$$

$$\ln v = \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}\left(e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t} - e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))\tau}\right) + \mu(\tau - t).$$

Тогда

$$v = e^{\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}\left(e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t} - e^{\left(\beta q + j(1-\alpha-\beta)\right)\tau}\right) + \mu(\tau - t)}.$$

Из уравнения $u'v + u(v' + P(t)v) = Q$ с учетом $v' + P(t)v = 0$, $u'v = Q$.
Решение уравнения $u'v = Q$:

$$\frac{du}{dt} = \frac{Q}{v}; \qquad \int_{\tau}^{t} du = \int_{\tau}^{t} \frac{Q}{v}\,dt; \qquad u\ |_{\tau}^{t} = \int_{\tau}^{t} \frac{Q}{v}\,dt.$$

Тогда

$$u - 0 = \frac{(c_0 - c_{\min})L_0}{k_1}\int_{\tau}^{t} \frac{1}{v}\,dt.$$

Подставив $v = e^{\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}(e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t} - e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))\tau}) + \mu(\tau - t)}$, получим

$$u = \frac{(c_0 - c_{\min})L_0}{k_1}\int_{\tau}^{t} e^{-\left[\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}(e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t} - e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))\tau}) + \mu(\tau - t)\right]}dt =$$

$$= \frac{(c_0 - c_{\min})L_0}{k_1}\int_{\tau}^{t} e^{\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}(e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))\tau} - e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t}) - \mu(\tau - t)}dt =$$

$$= \frac{(c_0 - c_{\min})L_0}{k_1}e^{\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))\tau} - \mu\tau}\int_{\tau}^{t} e^{\mu t - \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t})}dt.$$

Так как $L_1 = uv$, то

$$L_1(t) = \frac{(c_0 - c_{\min})L_0}{k_1}e^{\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t} - \mu t} \times$$

$$\times \int_{\tau}^{t} e^{\mu t - \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t})}dt. \quad (9)$$

При $t = 2\tau$ уравнение (9) имеет следующее решение:

$$L_1(2\tau) = \frac{(c_0 - c_{\min})L_0}{k_1}e^{\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}e^{2(\beta q + j(1-\alpha-\beta))\tau} - 2\mu\tau} \times$$

$$\times \int_{\tau}^{2\tau} e^{\mu t - \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q + j(1-\alpha-\beta))t})}dt. \quad (10)$$

Третий этап — этап завершения переходного процесса ($2\tau < t < T$). На этом этапе полностью закончен ввод основных фондов нового способа производства (нового технологического уклада) за счет накопления средств старого способа производства (предшествующего технологического уклада), далее новый способ производства развивается за счет собственных накоплений и инвестиций.

Переходный процесс заканчивается, как только основные фонды нового способа производства (нового технологического уклада) смогут поглотить все трудовые ресурсы L производственных предприятий.

Дифференциальное уравнение изменения численного состава трудовых ресурсов имеет вид

$$\frac{dL_1}{dt} = \left(p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b+(\beta q+(1-\alpha-\beta)j)t} - \mu\right)L_1. \tag{11}$$

Решение уравнения (11)

$$\int\limits_{2\tau}^{t}\frac{dL_1}{L_1} = \int\limits_{2\tau}^{t}\left(p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b+(\beta q+(1-\alpha-\beta)j)t} - \mu\right)dt.$$

$$\ln L_1\,|_{2\tau}^{t} = p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}\frac{1}{\beta q+(1-\alpha-\beta)j}e^{(\beta q+(1-\alpha-\beta)j)t}\,|_{2\tau}^{t} - \mu t\,|_{2\tau}^{t}.$$

$$\ln L_1(t) - \ln L_1(2\tau) = \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q+(1-\alpha-\beta)j}\left(e^{(\beta q+(1-\alpha-\beta)j)t} - e^{2(\beta q+(1-\alpha-\beta)j)\tau}\right) + \mu(2\tau - t).$$

$$\ln\frac{L_1(t)}{L_1(2\tau)} = \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q+(1-\alpha-\beta)j}\left(e^{(\beta q+(1-\alpha-\beta)j)t} - e^{2(\beta q+(1-\alpha-\beta)j)\tau}\right) + \mu(2\tau - t).$$

Тогда

$$L_1(t) = L_1(2\tau)e^{\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q+(1-\alpha-\beta)j}\left(e^{(\beta q+(1-\alpha-\beta)j)t} - e^{2(\beta q+(1-\alpha-\beta)j)\tau}\right)+\mu(2\tau-t)}.$$

Подставив в данное уравнение значение функции $L_1(2\tau)$ второго этапа (10), получим

$$L_1(t) = \frac{(c_0 - c_{\min})L_0}{k_1}e^{\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q+j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q+j(1-\alpha-\beta))t} - \mu t}\int\limits_{\tau}^{2\tau}e^{\mu t - \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q+j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q+j(1-\alpha-\beta))t}}dt. \tag{12}$$

Момент окончания переходного процесса T определяется из уравнения

$$\frac{L_1(T)}{L_0} = 1. \tag{13}$$

Условие (13) определяет следующее выражение для времени окончания переходного процесса T:

$$\frac{(c_0 - c_{\min})}{k_1}e^{\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q+j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q+j(1-\alpha-\beta))t} - \mu t}\int\limits_{\tau}^{2\tau}e^{\mu t - \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q+j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q+j(1-\alpha-\beta))t}}dt = 1. \tag{14}$$

Из уравнения (14) определим

$$\frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q+j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q+j(1-\alpha-\beta))T} - \mu T =$$

$$= -\ln\int\limits_{\tau}^{2\tau}e^{\mu t - \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta}k_1^{\alpha-1}e^{\beta b}}{\beta q+j(1-\alpha-\beta)}e^{(\beta q+j(1-\alpha-\beta))t}}dt - \ln\frac{(c_0 - c_{\min})}{k_1}. \tag{15}$$

Таблица 1

Численность населения РФ

	1992	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Численность трудоспособного населения РФ (на конец года), тыс. чел.	83900	84600	88000	88500	89000	89900	90300
Среднегодовая численность занятых в экономике РФ, тыс. чел.	72071	66409	64327	64710	65359	65666	65900
Среднегодовая численность занятых в экономике, промышленность РФ, тыс. чел.	21324	17161	14543	14692	14534	14345	14130
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Среднегодовая численность промышленно-производственного персонала в машиностроении РБ	228761	152945	123295	121196	112637	118871	115793

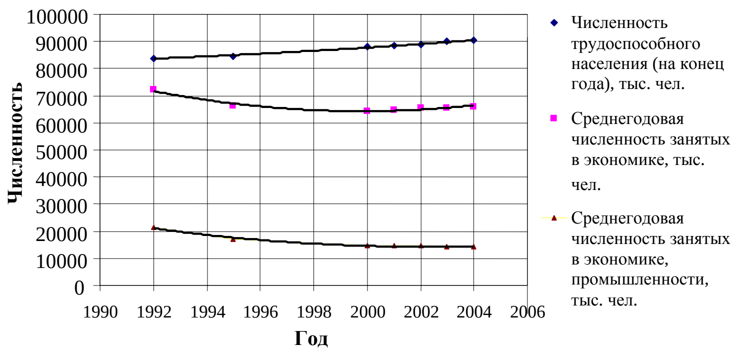


Рис. 2. Численность населения РФ (к табл. 1)

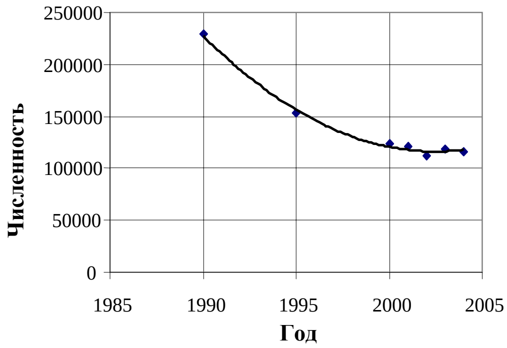


Рис. 3. Среднегодовая численность промышленно-производственного персонала в машиностроении РБ (к табл. 1)

Таблица 2

Инвестиции в основной капитал в машиностроении РБ

	1991	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Инвестиции в основной капитал за счет всех источников финансирования в машиностроении, млн руб. (в сопоставимых величинах)			518,00	786,00	920,00	820,00	1258,00
В процентах к итогу	15,00	4,80	4,10	4,10	4,90	4,40	6,10

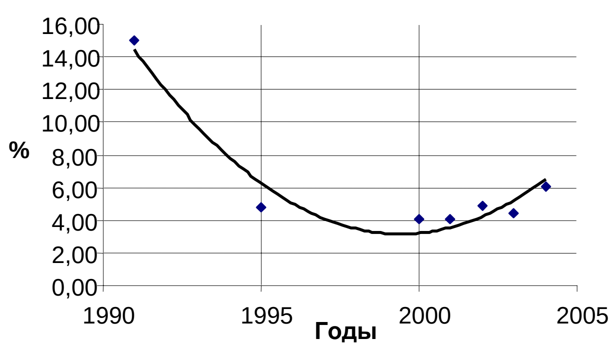


Рис. 4. Инвестиции в основной капитал в машиностроении РБ, % к итогу (к табл. 2)

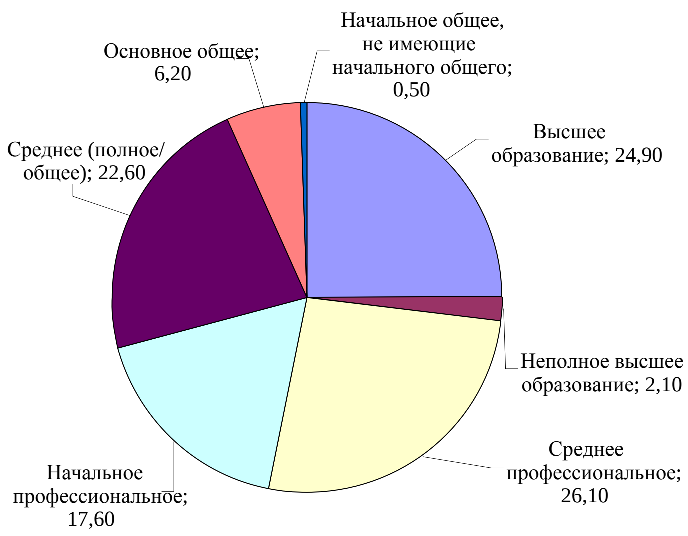


Рис. 5. Число занятых в экономике

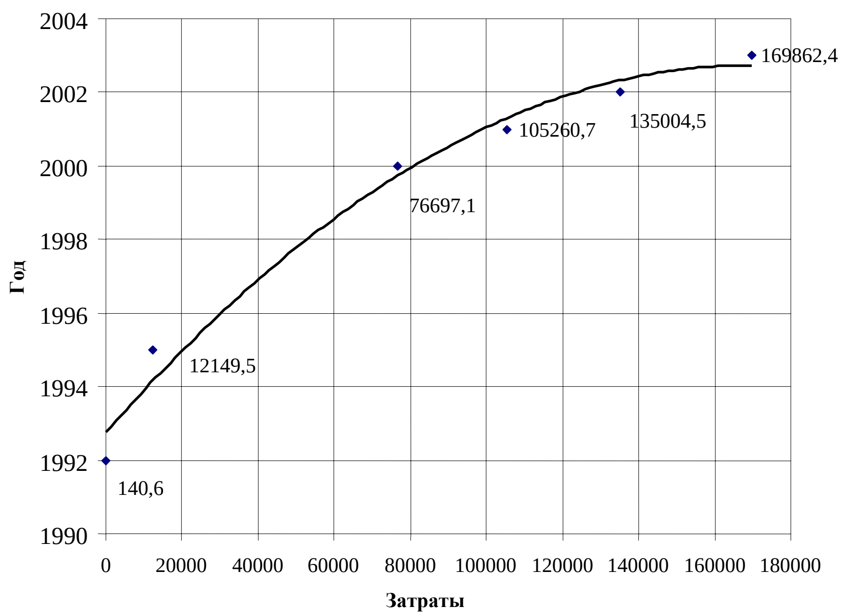


Рис. 6. Внутренние затраты на исследования и разработки (в фактически действовавших ценах)

Таблица 3

Внутренние затраты на исследования и разработки

№ п/п	Год	Затраты, в % к ВВП
1	1992	0,74
2	1995	0,85
3	2000	1,05
4	2001	1,18
5	2002	1,25
6	2003	1,28

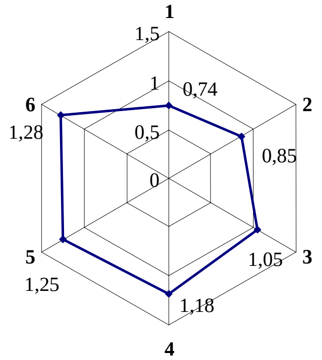


Рис. 7. Внутренние затраты на исследования и разработки, % к ВВП (к табл. 3)

После полного вытеснения старого технологического уклада с момента $t = T$ начинается обычный переходный процесс развития в модели для нового технологического уклада.

Графики вида $I = f(t)$ могут иметь различные функции апериодического закона:

- сходящегося процесса, что характерно для современного неудовлетворительного управления научно-техническим прогрессом в нашей стране;
- апериодического или детерминированного закона простого воспроизводства технологического уклада, к которому желательно перейти в ближайшие годы;
- расходящегося процесса, что целесообразно для схемы расширенного воспроизводства нового технологического уклада на последующих стадиях его устойчивого развития.

Из анализа полученных математических моделей можно сделать следующие заключения. Конкурентоспособность предприятия на мировом рынке в настоящее время уже определяется не столько дешевизной продукции, рабочей силы или технологического оборудования, сколько инновационной привлекательностью продукции, качеством труда — уровнем профессионального образования работников и конкурентоспособностью персонала, способного быстро осваивать новые изделия и технологии, конкурентоспособные на любых рынках. В связи с этим важную роль в современной инновационной экономике играет не только научно-технический прогресс в традиционном его понимании, но и система профессионального образования, которая должна быть ориентирована на подготовку специалистов, способных создать и поставить на производство технику новых поколений. Статистические данные, которые иллюстрируют сказанное, можно получить из табл. 1–5 и рис. 2–7.

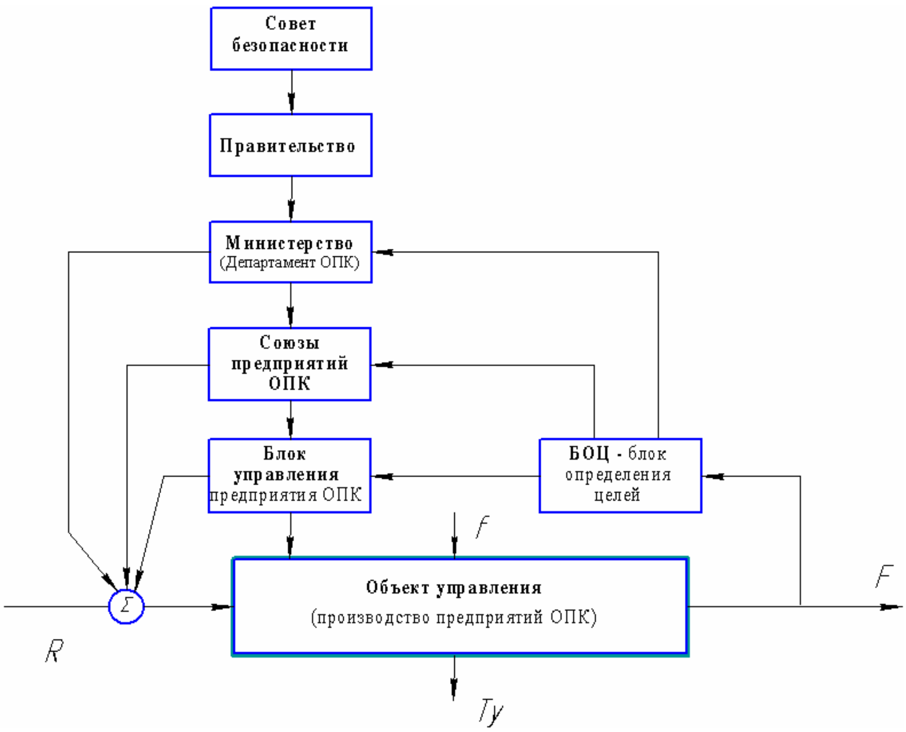


Рис. 8. Система научно-технической подготовки производства. Условные обозначения: F — целевая функция предприятий и учреждений ОПК (объем, номенклатура и производственная программа выпуска вооружений, военной техники и специальной техники для средств обороны государства); R — ресурсы, потребляемые системой предприятий и учреждений ОПК; T_y — параметры состояния (технико-экономического, организационно-технического и технического уровней производства); f — факторы внешней среды

На основании статистических данных научно-технического прогресса приведены следующие диаграммы, характеризующие уровень развития пятого технологического уклада в России (табл. 3–5, рис. 5–7).

С помощью данной производственной функции в сочетании с методами математического моделирования, статистики и математического анализа можно оценить влияние всех перечисленных выше факторов на экономический рост и повышение производительности труда средствами управления научно-техническим прогрессом (инновационной деятельностью).

На основании приведенных статистических данных можно сделать вывод о необходимости изменения научно-технической (инновационной и инвестиционной) политики в обеспечение перехода к управлению по апериодическому закону расширенного воспроизводства.

Для долговременного роста государственное регулирование научно-технического прогресса имеет большое значение в совокупности с регулированием инвестиций и численности высокопрофессионального персонала, поскольку научно-технический прогресс имеет следствием сдвиг производственной функции вверх [1]. Таким образом, осознание высокой значимости научно-технического прогресса как ведущего фактора экономического роста предопределяет необходимость разработки новой системы научно-технической подготовки производства, которая разрабатывается нами в приложении к предприятиям ОПК, рис. 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа полученных математических моделей можно сделать следующие заключения. Конкурентоспособность предприятия на мировом рынке в настоящее время определяется уже не столько дешевизной продукции, рабочей силы или технологического оборудования, сколько инновационной привлекательностью продукции, качеством труда — уровнем профессионального образования работников и конкурентоспособностью персонала, способного быстро осваивать новые изделия и технологии, конкурентоспособные на любых рынках. В связи с этим важную роль в современной инновационной экономике играет не только научно-технический прогресс в традиционном его понимании, но и система профессионального образования, которая должна быть ориентирована на подготовку специалистов, способных создать и поставить на производство технику новых поколений.

С помощью разработанной производственной функции в сочетании с методами математического моделирования и математического анализа можно оценить влияние всех перечисленных выше факторов на экономический рост и повышение производительности труда средствами управления научно-техническим прогрессом (инновационной деятельностью).

На основании приведенных статистических данных можно сделать вывод о необходимости изменения научно-технической (инновационной и инвестиционной) политики в обеспечение перехода к управлению по апериодическому закону расширенного воспроизводства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Селиванов, С. Г.** Технологическая инноватика / С. Г. Селиванов. М. : Наука, 2004. 283 с.
2. **Кондратьев, Н. Д.** Основные проблемы экономической статики и динамики / Н. Д. Кондратьев. М. : Наука, 1991. 567 с.
3. **Ашманов, С. А.** Математические модели и методы в экономике : учеб. пособие для вузов по спец. «Экон. кибернетика» / С. А. Ашманов. М. : Изд-во МГУ, 1980. 199 с.
4. **Клейнер, Г. Б.** Производственные функции: теория, методы, применение / Г. Б. Клейнер. М. : Финансы и статистика, 1986. 239 с.
5. **Лукашин, Ю.** Производственные функции в анализе мировой экономики / Ю. Лукашин, Л. Рахлина // Мировая экономика и международные отношения. Б. м. 2004. № 1. С. 17–27.