

УДК 658.5

С. Г. СЕЛИВАНОВ, О. Ю. ПАНЬШИНА

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СМЕНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ В СИСТЕМЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Разработана модель переходного процесса смены технологических укладов для обеспечения интенсивного перехода к пятому технологическому укладу. Для управления данным процессом в ходе разработки целевых программ и проектов технического перевооружения производства разработана система управления научно-технологической подготовкой производства на основе анализа данных машиностроительных предприятий оборонно-промышленного комплекса. *Технологический уклад; производственная функция; управление процессом; научно-технологическая подготовка производства*

Анализ источников научной информации по техническому перевооружению производства в промышленности показал, что в настоящее время основным приоритетом экономического роста становятся производства пятого технологического уклада, который формируется с 80-х годов XX в.

Пятый технологический уклад опирается на достижения в области микроэлектроники, новых видов энергии, материалов, спутниковой связи и т. п. Анализ существующих подходов к управлению развитием технологических укладов показал, что на сегодняшний день отсутствует единый подход к управлению их развитием, охватывающий все этапы жизненного цикла технологического уклада и осуществляемый на всех уровнях – от уровня государственного регулирования до уровня предприятия, а управление сводится к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), управлению инновационными и инвестиционными проектами, программами, разработке модели смены технологических укладов.

Таким образом, в данном исследовании поставлена задача разработки метода управления процессами смены технологических укладов для обеспечения интенсивного перехода к пятому технологическому укладу на основе разработки системы научно-технологической подготовки производства.

Для системного анализа и исследования закономерностей переходных процессов, определения и разработки математических моделей процессов смены технологических укладов

использованы математические модели производственных функций Кобба–Дугласа, Л. Л. Терехова, В. Леонтьева, Джона Р. Хикса, П. Самуэльсона, Р. Солоу, Р. Харрода, П. Ромера, В. М. Глушкова и др., в результате чего эти математические модели классифицированы на основании критериев системного анализа.

В исследовании проанализирована новейшая производственная функция модели инновационного экономического роста – трехсекторной математической модели П. Ромера [2]. Из анализа математической модели П. Ромера видно, что она учитывает входные переменные, факторы внешней среды и параметры состояния анализируемой системы, но она не учитывает факторы государственного регулирования инновационной экономики, а изменения «человеческого капитала» учитывает только в исследовательском секторе трехсекторной системы.

Аналитически модель П. Ромера можно представить производственной функцией:

$$Y(H_Y, L, x) = H_Y^\alpha L^\beta \sum_{i=1}^{\infty} (x)_i^{1-\alpha-\beta}, \quad (1)$$

где i – индекс, приписываемый каждому отдельному виду средств производства; $x = \left\{ x_{i=1}^{\infty} \right\}$ –

список средств производства, используемых организациями (предприятиями, фирмами) для выпуска конечной продукции; α, β – некоторые технологические параметры.

Модель П. Ромера отличается от производственной функции Кобба – Дугласа тем, что капитал K представлен в ней не в виде одной переменной, а как сумма его составляющих x , затраченных на приобретение необходимых средств производства.

В этой связи считается, что изменение общего капитала всей трехсекторной системы можно определить по формуле:

$$\hat{K}(t) = Y(t) - C(t) = \eta \sum_{i=1}^{\infty} x_i, \quad (2)$$

где $C(t)$ представляет собой агрегированную функцию потребления.

Модель П. Ромера позволяет также найти обратную функцию спроса на новые технологии в условиях рыночного равновесия:

$$P(i) = (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta x(i)^{-\alpha - \beta}. \quad (3)$$

В исследовании рассмотрен также подход В. А. Колемаева [3] к анализу процессов смены технологических укладов на основе применения производственной функции Кобба – Дугласа. Недостатки названного подхода заключаются в следующем: не учитываются входные переменные производственной системы в виде инвестиций, инноваций и подготовки специалистов нового профиля для инновационной экономики, модель также не рассматривает факторы внешней среды, что для современного этапа управления развитием инновационной экономики на основе управления сменой технологических укладов является неприемлемым.

Таким образом, обобщенными критериями для описания переходного процесса от 4-го к 5-му и (или) от 5-го к 6-му технологическому укладу при разработке математической модели на основе проведенного анализа, в соответствии с исследованными типами математических моделей производственных функций, являются:

1) соответствие математической модели производственной функции системотехнической концепции;

2) применение эмпирического критерия истинности (соответствия знаний экспериментальным данным) путем анализа закономерностей и зависимостей формирования 5-го технологического уклада на основе статистических данных;

3) учет научно-технического прогресса (НТП), в том числе эндогенного НТП в системе профессионального образования – инновационной подготовки высокопрофессиональной рабочей силы на основе вложений в «человеческий капитал».

Для решения проблемы описания процесса смены технологических укладов путем математического моделирования в условиях интенсификации НТП в целях переходного процесса к пятому технологическому укладу предложена новая концептуальная модель управления процессами технологического развития производства. Данную модель отличают от известной

трехсекторной модели П. Ромера исследования на основе применения аperiодического закона переходного процесса и наличие пяти компонентов вместо трех у П. Ромера: одного в виде блока регулирования НТП и четырех в виде объектов управления (рис. 1).

Согласно рис. 1, новая концептуальная модель в отличие от модели П. Ромера включает академический сектор и сектор государственного управления инновационной деятельностью, актуальность которого подтверждается Концепцией долгосрочного социально-экономического развития РФ до 2020 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.

Таким образом, предложенная на рис. 1 концептуальная модель не противоречит основным направлениям инновационной политики государства и позволяет исследовать переходные процессы смены технологических укладов в обеспечение управления научно-техническим прогрессом в условиях формирования инновационной экономики; построить систему управления научно-технологической подготовкой технического перевооружения машиностроительного производства.

Для исследования переходных процессов смены технологических укладов на основании изложенных предпосылок с учетом приведенных обобщенных критериев описания процесса смены технологических укладов предложена производственная функция (4), основанная на модификации функции Р. Солоу и исследованиях П. Ромера, Г. Манкива и Д. Вейла, которая дополнительно учитывает инвестиции в основные производственные фонды и «человеческий капитал»:

$$F(K, H, A(t), L) = K^\alpha H^\beta (A e^{jt} L)^{1-\alpha-\beta}, \quad (4)$$

где K – объем основных фондов; L – число занятых людей; 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 H ; α и β отражают роль названных факторов в приросте конечного продукта; $A(t) = A e^{jt}$ – функция, отражающая влияние НТП на эффективность ресурса (ресурсов); A – константа по объекту анализа (коэффициент эффективности производства); j – вклад НТП; t – текущее время.

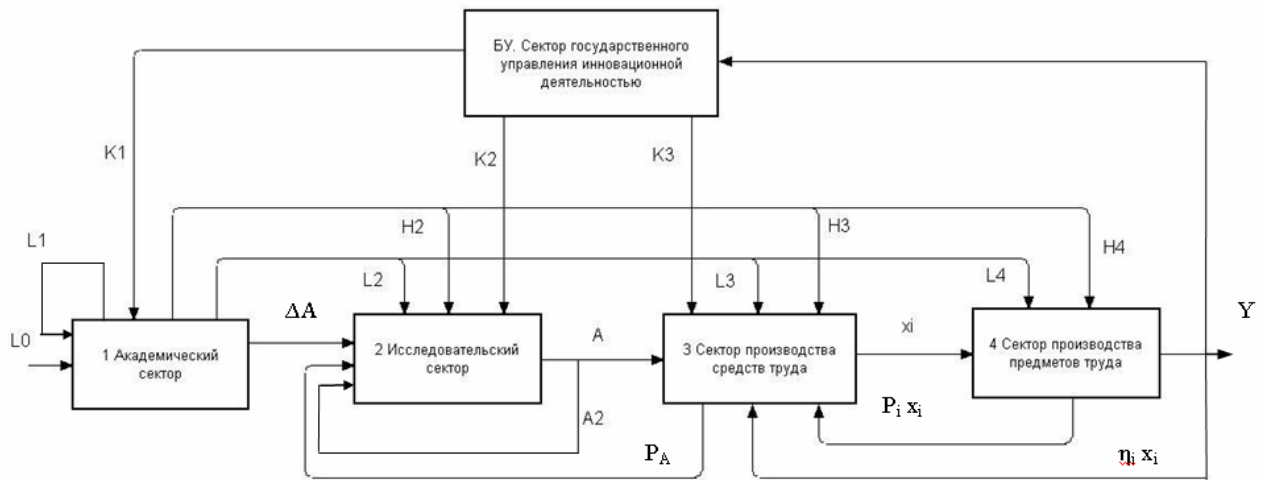


Рис. 1. Блок-схема модели инновационного развития производства

Функцию изменения «человеческого капитала» можно представить в виде:

$$H = e^{\phi(t)} L, \quad \phi(t) = b + qt, \quad (5)$$

где $e^{\phi(t)}$ – функция, учитывающая эффективность единицы рабочей силы, имеющей профессиональное образование, с учетом соотношения численности высокопрофессиональной рабочей силы и общей численности занятых в экономике, b и q – эмпирические константы.

Функцию $\phi(t)$ можно описать с помощью линейной зависимости (5). Данный выбор типа функции в виде линейной зависимости обоснован статистическими данными Госкомстата России. На основе производственной функции (4) разработаны математические модели описания процесса смены технологических укладов, где инвестиции в смену технологических укладов можно осуществить в отношении трех этапов: накоплений, отдачи накоплений и завершения переходного процесса к новому технологическому укладу [4].

Первый этап – это этап накоплений ($0 < t < \tau_1$). Здесь τ_1 – лаг инвестиций этапа. В этих условиях действует преимущественно старый способ производства – предшествующего технологического уклада. Накопления происходят за счет сокращения удельного потребления в старом технологическом укладе до минимально допустимого уровня c_{\min} , отдачи от вложений в новый способ еще нет.

Второй этап – это этап отдачи накоплений ($\tau_1 < t < \tau_2$), где τ_2 – продолжительность первого и второго этапов:

$$L_1(t) = \frac{(c_0 - c_{\min}) L_0}{k_1} \times e^{R(e^{\gamma t} - e^{\gamma \tau_1}) - \mu(t - \tau_1)} \int_{\tau_1}^t e^{\mu \xi - R e^{\gamma \xi}} d\xi, \quad (6)$$

где

$$R = \frac{p(1-a)A^{1-\alpha-\beta} k_1^{\alpha-1} e^{\beta b}}{\beta q + j(1-\alpha-\beta)}, \quad (7)$$

$$\gamma = \beta q + j(1-\alpha-\beta). \quad (8)$$

При $t = \tau_2$ уравнение (6) примет вид:

$$L_1(\tau_2) = \frac{(c_0 - c_{\min}) L_0}{k_1} \times e^{R(e^{\gamma \tau_2} - e^{\gamma \tau_1}) - \mu(\tau_2 - \tau_1)} \int_{\tau_1}^{\tau_2} e^{\mu \xi - R e^{\gamma \xi}} d\xi, \quad (9)$$

где $L_1(\tau_2)$ находится по уравнению (8).

Третий этап – этап завершения переходного процесса ($\tau_2 < t < T$)

$$L_1(t) = L_1(\tau_2) e^{R(e^{\gamma t} - e^{\gamma \tau_2}) + \mu(\tau_2 - t)}, \quad (10)$$

где $L_1(\tau_2)$ находится по уравнению (9).

Момент окончания переходного процесса T происходит, когда трудовые ресурсы полностью переведены из старого в новый технологический уклад, и определяется из уравнения (10):

$$R(e^{\gamma T} - e^{\gamma \tau_2}) = \ln\left(\frac{L_0}{L_1(\tau_2)}\right) - \mu(\tau_2 - T). \quad (11)$$

На основании предложенных математических моделей смены технологических укладов в исследовании разработан программно-методический комплекс на базе системы MATLAB 7.0.1 «Расчет и моделирование процесса смены технологических укладов». С помощью разработанного программного продукта можно определить продолжительность переходного процесса в целом и по этапам, построить графическую модель переходного процесса смены технологического уклада (рис. 2), смоделировать переходный процесс за счет изменения параметров и определить какой из них оказыва-

ет наибольшее влияние на переходный процесс при заданных условиях.

В исследовании проведено моделирование переходного процесса смены технологических укладов с помощью разработанного программно-методического комплекса по всем входящим в производственную функцию (4) величинам. На основе официальных статистических данных по РФ и РБ исследованы закономерности и зависимости формирования пятого технологического уклада, на основании чего можно сделать вывод о необходимости изменения научно-технической (инновационной и инвестиционной) политики в РБ и РФ для перехода к управлению по аperiodическому закону расширенного воспроизводства в обеспечение конкурентоспособности обрабатывающих, а не сырьевых отраслей промышленности.

Для управления процессами смены технологических укладов в ходе разработки целевых программ и проектов технического перевооружения производства необходимо разработать систему управления научно-технологической подготовкой производства.

Механизмом ускорения научно-технического прогресса и инновационной деятельности является система технической подготовки производства, реализующая непосредственно достижения науки и техники в производственных условиях. Впервые система научно-технической подготовки производства представлена в работе [1]. Согласно названной разработке, функциональная структура производственной системы включает в себя несколько подсистем, таких как: технологическая, обслуживающая,

обеспечивающая и научно-техническая подготовка производства.

Существовавшая ранее система научно-технической подготовки производства охватывала работы, связанные с развитием техники, технологии и организации производства и выполняемые на основе результатов фундаментальной науки на этапах научной (НПП), конструкторской (КПП) и технологической (ТПП) подготовки производства.

Следовательно, можно сделать вывод, что система научно-технологической подготовки производства (НТПП) ранее рассматривалась на уровне предприятия, что недостаточно для новых условий инновационной экономики и наиболее полного использования ресурсов и повышения эффективности производства. Инновационная экономика страны, равно как и система технологической подготовки производства, которая является основой, стержнем инновационной деятельности, должны составлять единый комплекс, охватывающий все звенья производства. Управление этим единым комплексом должно осуществляться с использованием моделирования научно-технологической подготовки промышленного производства: от учреждений государственного управления – до систем управления предприятиями, организациями и их объединениями.

К верхним уровням данной многоуровневой системы управления относятся органы государственной власти РФ: Совет безопасности и органы исполнительной власти (Правительство РФ и министерства РФ).

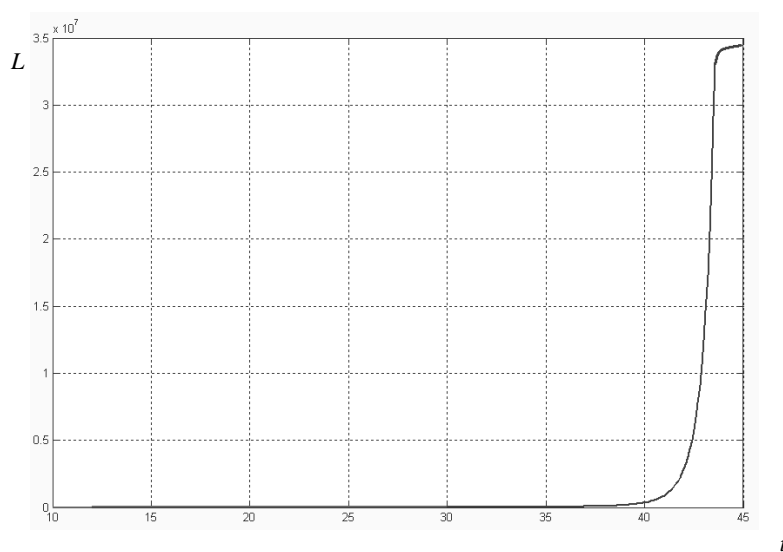


Рис. 2. Графическое представление аperiodического закона переходного процесса смены технологических укладов 4 → 5

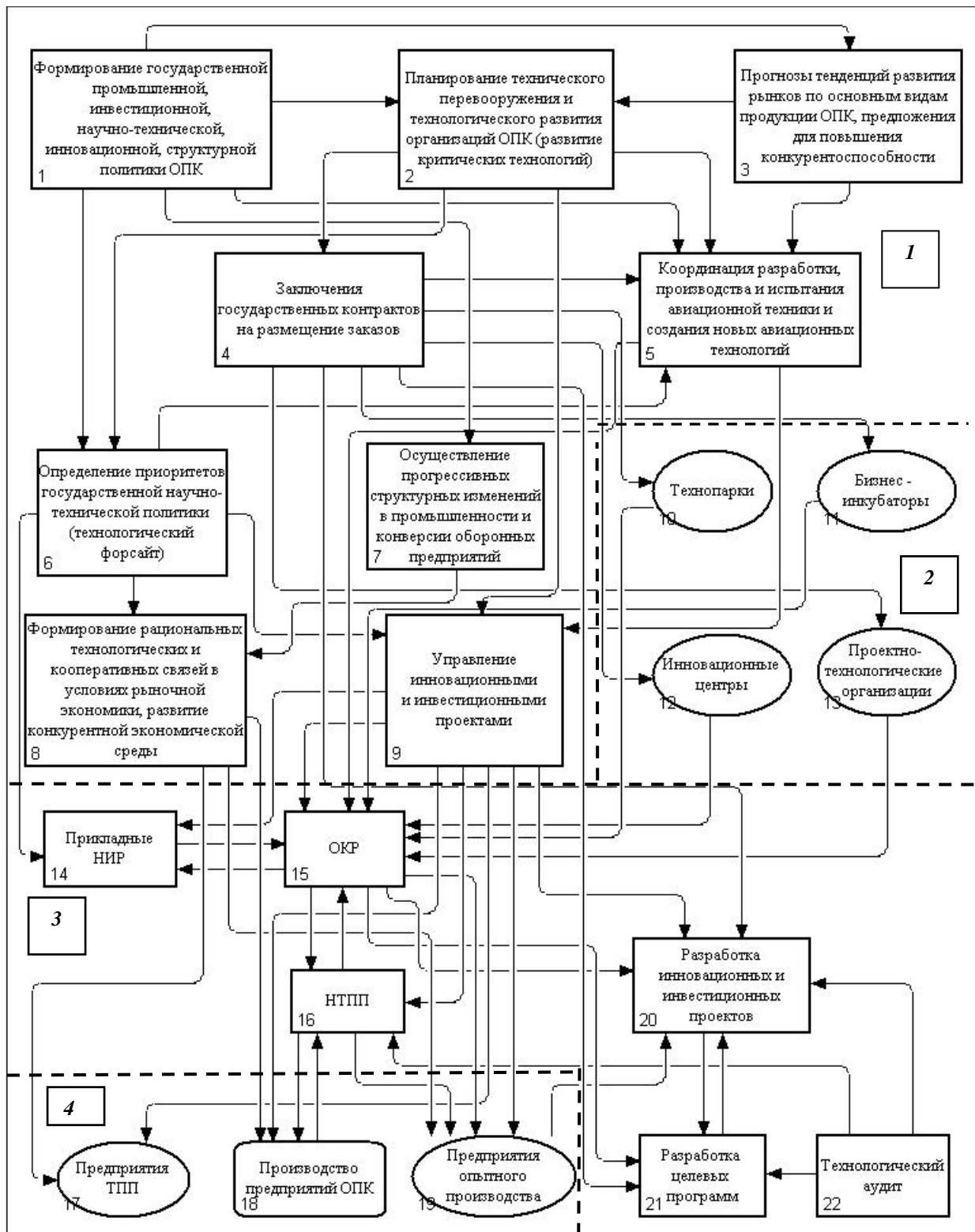


Рис. 3. Блок-схема функций НТПП в системе ОПК: 1 – организация и управление научно-технологической подготовкой; 2 – разработка критических технологий; 3 – разработка базовых, узловых и единых технологий; 4 – инновация высоких технологий на предприятиях

Министерства и ведомства РФ, их организации, предприятия и учреждения позволяют определить внешнюю среду, влияющую на техническое развитие организаций (предприятий и учреждений) ОПК.

Следующим уровнем системы управления являются объединения предприятий. Для формирования систем управления научно-технологической подготовкой производства (рис. 3) на этом уровне управления необходимо выде-

лить организации инфраструктуры, обеспечивающие организацию инновационной деятельности:

1) уровень учреждений (организаций) инновационной инфраструктуры, к которым относятся: технопарки, бизнес-инкубаторы, инновационные центры, проектно-технологические институты;

2) специализированные организации поддержки и обслуживания предприятий ОПК, выполняющие такие функции, как информационное обеспечение, экспертиза проектов, финансово-экономическое обеспечение, сертификация наукоемкой продукции, патентование и лицензирование, подготовка и переподготовка кадров, лизинг, консалтинг, спецобслуживание (бухгалтерия, аудит, реклама и т. п.).

Разработанную блок-схему функций научно-технологической подготовки технического перевооружения машиностроительного производства (в приложении к оборонно-промышленному комплексу и авиационной промышленности) можно использовать для управления переходным процессом смены от четвертого к пятому технологическому укладу, что практически было апробировано на ОАО «УМПО».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что процессы развития современного производства на основе его технологического перевооружения определяются закономерностями динамики смены технологических укладов. Математическое моделирование процессов смены технологических укладов целесообразно осуществлять на основе моделей производственных функций и апериодического закона переходных процессов. Для математического моделирования переходного процесса от 4-го к 5-му технологическому укладу целесообразно использовать модели производственных функций, которые одновременно учитывают и инвестиции в основные производственные фонды, и инвестиции в «человеческий капитал», что принципиально важно для современного этапа развития технологических укладов, технологий и производств передовых стран с инновационной экономикой.

На основании предложенных математических моделей смены технологических укладов разработано программное обеспечение на базе системы MATLAB 7.0.1 «Расчет и моделирование процесса смены технологических укладов», позволяющее определять не только продолжи-

тельность переходного процесса смены технологических укладов, но и моделировать данный процесс с целью повышения эффективности управления переходным процессом смены технологических укладов. Разработанная на основе анализа данных машиностроительных предприятий оборонно-промышленного комплекса связанная многоуровневая блок-схема функций системы управления техническим развитием машиностроительного производства и выделенная из нее блок-схема функций научно-технологической подготовки технического перевооружения машиностроительного производства обеспечивает внезаводскую подсистему технологической подготовки производства и управления процессами смены технологических укладов на предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Амиров Ю. Д.** Научно-техническая подготовка производства. М.: Экономика, 1989. 230 с.
2. **Аньшин В. М., Дагаев А. А.** Инновационный менеджмент: концепции, многоуровневые стратегии и механизмы инновационного развития: Учеб. пособие. М.: Дело, 2006. 114 с.
3. **Колемаев В. А.** Математическая экономика: Учеб. для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 399 с.
4. **Селиванов С. Г., Панышина О. Ю.** Математическое моделирование процесса смены технологических укладов в инноватике // Инновации. 2006. № 4 (91). С. 46–49.

ОБ АВТОРАХ



Селиванов Сергей Григорьевич, проф. каф. технол. машиностр. Дипл. инж. по автоматиз. и компл. механиз. машиностр. (УАИ, 1970). Д-р техн. наук по технол. машиностр. (Мосстанкин, 1991). Иссл. в обл. технол. подг., реконстр., организ. пр-ва.



Панышина Ольга Юрьевна, асп. каф. технол. машиностр., инженер ОАО УМПО. Дипл. инж. по технол. машиностр. (УГАТУ, 2006), дипл. магистр техники и технологии по технол. машиностроения (УГАТУ, 2006).