

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ

УДК 621.001.2:658.512.4

С. Г. СЕЛИВАНОВ, О. Л. ГМЫЗОВА

ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
ИННОВАЦИОННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Разработана структура плана инвестиций инновационных проектов, определяющая этапы и стадии инновационного процесса. Установлены S-образные закономерности смены поколений токарных, сверлильных и фрезерных станков. Показаны технологические разрывы при замене универсальных металлорезающих станков на мехатронное технологическое оборудование. *Иноватика; высокие и критические технологии; технологические разрывы; смена поколений металлорежущих станков; мехатронные станки*

В связи с переходом к инновационной политике экономического роста, которая определена в нашей стране на долгосрочную перспективу [1], актуальными становятся исследования и разработки в области технологической иноватики, которая обеспечивает научно-технический прогресс на основе технологического перевооружения производства. Иноватика, как известно, — это наука о формировании новшеств, их распространении на основе организации инновационной деятельности, а также о факторах, препятствующих внедрению нововведений и адаптации к ним человека.

Инновационный процесс можно представить как последовательность действий по преобразованию научного знания в инновацию, в ходе которых инновация вызревает от идеи до конкретного продукта, технологии или услуги и распространяется при практическом использовании (рис. 1).

Жизненный цикл инноваций при этом, как правило, включает пять важнейших фаз:

- разработку новой технологии;
- проектирование нового изделия, обеспечивающего эту технологию;
- освоение (инновацию) разработанного изделия в производстве;
- диффузию (проникновение) новых изделий на рынок;
- преодоление кризисной ситуации, которая связана с переориентацией на выпуск нового изделия (товара) и освоением новых технологий.

Из изложенного видно, что первой фазой (этапом) рассматриваемого процесса является, как правило, выбор направления научно-

исследовательских или опытно-технологических работ.

Для решения данной задачи иноватика рекомендует строить [2] так называемые S-образные зависимости развития техники и технологий (рис. 2).

S-образные кривые, построенные по точкам первых образцов техники и технологии, показывают, как меняются во времени главные характеристики технологической системы (мощность, производительность, скорость и другие показатели результатов инновационного проектирования). S-образные закономерности развития при этом чаще всего бывают трех видов:

- показывающие технический уровень развития технической системы (технологии) во времени,
- характеризующие распространение технической системы (технологии) в пространстве, либо
- констатирующие уровень вложения инвестиций в отдельные инновационные проекты во времени.

Первая точка на S-образной кривой характеризует появление артефакта, т. е. первого выдающегося образца техники и технологии, например, в технологии машиностроения — это самый первый сварочный агрегат, первый станок с числовым программным управлением, групповая поточная линия, гибкая производственная система, роторная автоматическая линия и т. п. образцы новой техники, которые впервые, как в рассматриваемом случае, были созданы в России. Другие страны также имеют большой спектр своих артефактов, например, от первой в мире авторучки



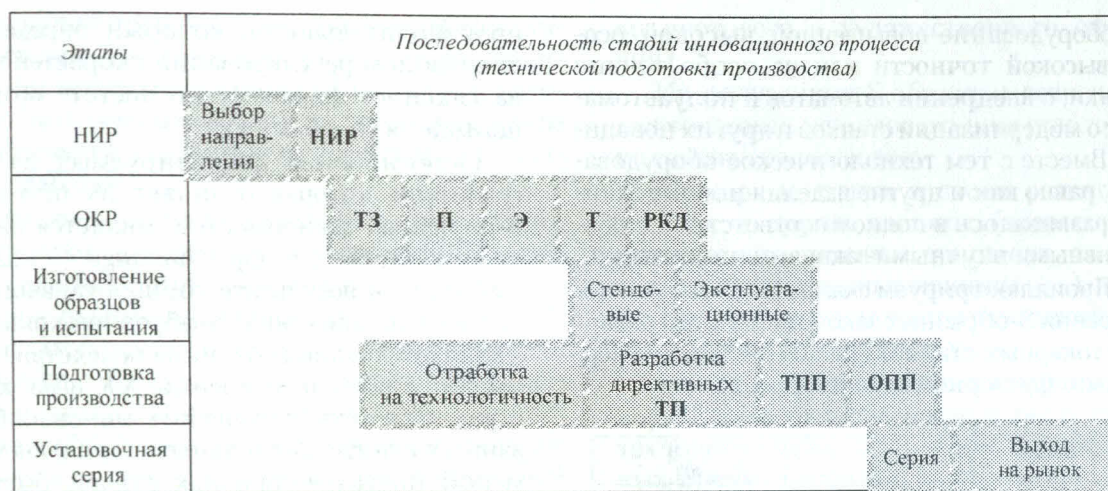


Рис. 1. Этапы и стадии инновационного процесса: НИР — научно-исследовательские работы; ОКР — опытно-конструкторские работы; ТЗ — техническое задание; П — техническое предложение; Э — эскизный проект; Т — технический проект; РКД — рабочая конструкторская документация; ТП — технологические процессы; ТПП — технологическая подготовка производства; ОПП — организационная подготовка производства

(Хорватия) до первого промышленного робота (США).

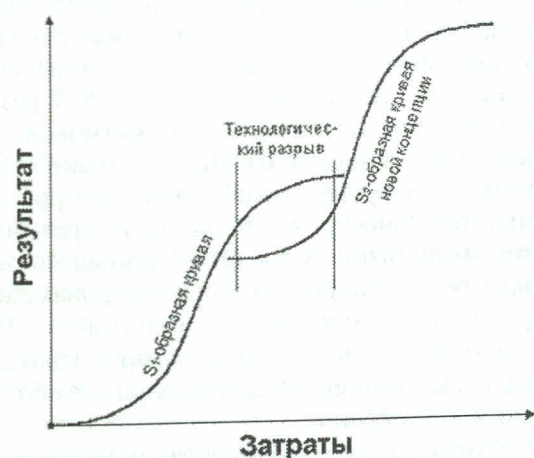


Рис. 2. S-образные закономерности развития техники и технологии

По мере развития названных и других технических систем во времени характеристики такой техники и технологии непрерывно улучшаются за счет изобретательской, рационализаторской деятельности и проведения локальных НИОКР, что приводит к продвижению данной технологии вверх по S-образной кривой в область так называемых «высоких технологий». В этой верхней части S-образной кривой начинают существенно снижаться темпы роста главного показателя качества или технического уровня технической системы при ее замене на новые образцы техники или технологии, которые основаны на том же самом принципе действия. Возника-

ет необходимость отказа от «стареющей» технической системы и замены ее более прогрессивной, которая основана на ином физическом эффекте, принципе действия или концепции. Таким образом, осуществляется технологический сдвиг и переход к технике или технологии нового поколения путем разработки «критической технологии», которая позволяет перейти на другую S-образную кривую развития. Так говорит теория инноватики. Вместе с тем в реальной практике инновационной деятельности картина несколько сложнее.

В машино- и приборостроении из всего многообразия производственных «критических технологий» главными в настоящее время рассматриваются [1]: мехатронные технологии; прецизионные и нанометрические технологии обработки, сборки, контроля; лазерные и электронно-ионно-плазменные технологии; технологии полимеров и композитов, технологии металлов и сплавов со специальными свойствами и некоторые другие.

Рассмотрим более подробно закономерности развития мехатронных технологий и обеспечения с их помощью технологического перевооружения машиностроительного производства в целях формирования новых технологических укладов промышленного производства. При этом следует иметь в виду, что в производстве технологического оборудования в нашей стране до недавнего времени не было принято выделять новые поколения техники и технологии: в станкостроении чаще вели речь о смене гаммы станков; замене их



на оборудование повышенной, высокой, особенно высокой точности или на особо точные станки; о внедрении автоматов и полуавтоматов; о модернизации станков и других новациях. Вместе с тем технологическое оборудование, равно как и другие изделия новой техники, развивалось в полном соответствии с объективными научными законами инноватики.

Проиллюстрируем сказанное [3] путем построения S-образных закономерностей развития токарных станков (рис. 3) и станков сверльно-фрезерной группы (рис. 4).

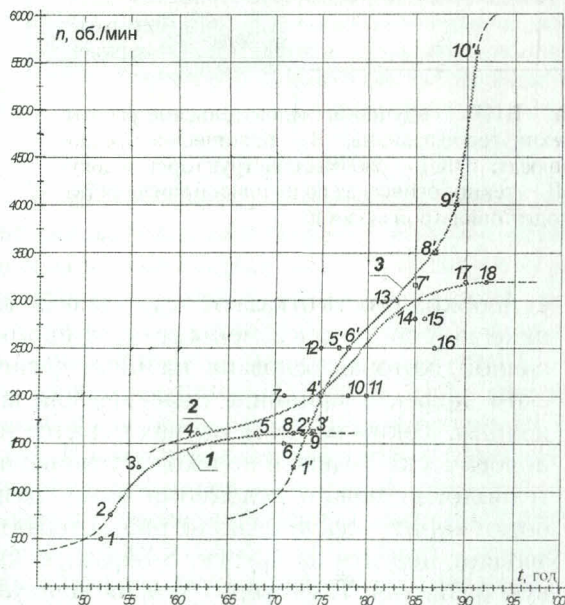


Рис. 3. S-образные закономерности развития токарных станков: 1 — универсальные токарные станки, работающие преимущественно по силовой схеме резания; 2 — быстроходные токарные станки; 3 — станки с ЧПУ и мехатронные токарные станки

Рассмотрим вначале особенности динамики развития токарных станков и замены их на токарные станки с ЧПУ и мехатронные станки того же назначения. Анализируя динамику развития токарных станков на начальных стадиях жизненного цикла развития мехатроники, важно отметить следующее:

- вначале произошла замена универсальных станков на станки с ЧПУ, которые работали в сочетании с внешней ЭВМ и интерполятором, используемым в целях разработки программ для управления станком с ЧПУ с пульта управления таким оборудованием;
- впоследствии произошла замена токарных станков с ЧПУ на мехатронные токарные станки со встроенной ЭВМ, в том числе с адаптивными системами управления.

Главным критерием технического уровня в рассматриваемом случае был фактор

производительности, который определяется диапазоном регулирования скоростей привода главного движения по частоте вращения шпинделя ( $n$ , об./мин).

Особенностью анализируемых на рис. 3 графиков, которая отличает их от типовых S-образных зависимостей, является наличие «шарнижной» (от фр. *charriage* — надвинутый слой в результате горизонтального смещения (дислокации)) S-образной кривой (2). Такая дислокация возникла вследствие запаздывания в станкостроении XX века распространения технологических инноваций, связанных с последовательным появлением и заменой инструментальных сталей, быстрорежущих сталей, литых твердых сплавов, металлокерамических твердых сплавов, минералокерамики, других сверхтвердых материалов и инструментов с многослойными износостойкими покрытиями, которые позволяют многократно увеличить скорости резания, например, в десятки раз при продвижении перечисленных материалов, начиная с инструментальных сталей.

Так, по данным промышленности, применение торцовых фрез с тангенциально расположенными пластинами кермета позволяет повысить производительность в 6–7 раз, использование твердосплавных метчиков с внутренним подводом СОЖ в головке с автоматическим реверсом обеспечивает рост производительности в 10–12 раз, применение комбинированных твердосплавных монолитных сверл в гидропластовых патронах дает 5-кратный рост производительности.

Так же происходило некоторое запаздывание с адаптацией металлорежущего оборудования к внедрению:

- методов получения точных заготовок;
- малоотходных технологий;
- мероприятий по замене деталей из чугуна и сталей на детали из титана, сплавов магния, алюминия и других легких сплавов и высокотехнологичных материалов, которые требовали более высоких пределов регулирования частот вращения шпинделя.

«Шарнижные» S-образные зависимости в отличие от типовых случаев инноватики (рис. 2) приводили не к изменению принципа действия металлорежущего оборудования и смене поколения металлорежущих станков, а только к изменению структуры системы «станок–приспособление–инструмент–деталь» путем расширения диапазона регулирования скоростей преимущественно в пределах силовой схемы резания металлов и воз-



можностей подшипников шпиндельного узла станка. По такой схеме получили развитие быстроходные станки (2 на рис. 3), которые были ориентированы на технологическое обеспечение названных выше новаций в металлообработке.

Реальные технологические сдвиги (технологические разрывы) с изменением принципа действия станков стали возможны только при переходе к токарным станкам с ЧПУ и мехатронным станкам (3). Такой переход, как видно из рис. 3, обеспечивает возможности многократного роста производительности механообработки, он ориентирован на необходимость обеспечения конкурентоспособности анализируемого технологического оборудования не столько за счет снижения цены в сравнении с зарубежными аналогами, сколько за счет опережающего повышения качества и технического уровня современных станков: сочетания высокой скорости, точности, мощности и совершенства системы управления.

Немаловажными при решении задач опережающего роста качества и технического уровня металлорежущих станков являются не только названные выше главные показатели назначения технологического оборудования, но и другие факторы:

- параметры надежности и долговечности, например, величина вероятности безотказной работы, коэффициент технического использования оборудования и другие критерии, используемые в процессе контроля надежности с целью сертификации качества конструкции изделия;

- эргономические критерии качества, учет экологических требований, анализ результатов художественного конструирования (так, анализ эргономических свойств предполагает оценку антропометрических данных, обеспечивающих безопасность, ремонтпригодность и удобство обслуживания; общие задачи эргономики предполагают рациональное разделение функций между машиной и оператором, выработку принципов создания системы «человек–машина–среда»; более подробному исследованию и анализу эргономических свойств служит соматография, т. е. анализ рабочих поз, рабочих движений и пропорций человеческого тела; высокому качеству изделия способствует его проектирование с учетом оценок биомеханических и физиолого-гигиенических требований к технологическому оборудованию, анализ композиции изделия, его эстетического уровня, оцен-

ки цветового и художественного оформления).

Из полученных S-образных зависимостей для токарных металлорежущих станков можно сделать ряд выводов:

- токарные станки в своем развитии так же, как и другие машины (энергетические машины, авиационные двигатели, самолеты, сельскохозяйственные машины ...), прошли определенные этапы смены поколений техники и технологии (таблица);

- мехатронные токарные станки в настоящее время достигли предела роста главных технологических параметров, ориентированных преимущественно на силовую схему резания, и находятся в фазе смены поколений техники путем перехода преимущественно к скоростной схеме резания по всему диаметру обработки, которая находится в области частот вращения шпинделя, например, прогрессивного токарного станка с ЧПУ повышенной точности модели 160НТ ( $n_{\max} = 8000 \text{ мин}^{-1}$ ).

Этот мехатронный станок работает с использованием метода твердого точения, в его конструкции используются направляющие качения, в конструкции станины, стола и шпиндельной бабки применен синтетический материал, он имеет рабочую зону с ограждением кабинетного типа, укомплектован регулируемым приводом главного движения и подачи, обеспечивает автоматическое переключение редуктора главного привода, что позволяет в процессе резания увеличивать крутящий момент в 4 раза, имеет встроенный промышленный компьютер, который может обеспечивать ввод программ с пульта оператора с помощью стандартных 3,5"-дискет.

При анализе S-образных закономерностей смены поколений токарных станков важно иметь в виду, что они построены по точкам первых конструкций установочных серий новых базовых моделей токарных станков, т. е. по точкам первых инноваций. Таким образом, S-образная кривая каждого поколения станков является внешней эмпирической огибающей множества точек токарных станков. Внутри этой области находятся модификации токарных станков с несущественно улучшенными показателями конкурентоспособности по показателям качества и технического уровня. Например, производными моделями от токарно-винторезного станка модели 1К62 являются станки: 16К20 ( $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$ ), 16К20 ВФ1 ( $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$ ), SN500S (Словакия,  $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$ ), КА-280 («Веркон», Украина,  $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$ ), «Эн-



Этапы смены поколений токарных станков

Номер поколения и основные характеристики	Примечания
0. Станки с немеханизированным энергоприводом и подачей инструмента	Все функции: энергетические (Э), информационно-управляющие (И), технологические (Т) выполняет человек (Э <sub>ч</sub> , И <sub>ч</sub> , Т <sub>ч</sub> )
1. Станки с использованием суппорта А. К. Нартова	Часть технологических функций выполняет машина (механизм) (Т <sub>м</sub> )
2. Станки с суппортом А. К. Нартова и энергоприводом от групповой трансмиссии паровой машины	Часть функций (энергетических Э <sub>м</sub> и технологических Т <sub>м</sub> ) выполняют машины
3. Станки с применением индивидуального электропривода	Две функции (энергетические Э <sub>м</sub> и технологические Т <sub>м</sub> ) выполняет механизированный станок
4. Быстроходные станки с индивидуальным электроприводом, работающие по силовой схеме резания	Две функции (энергетические Э <sub>м</sub> и технологические Т <sub>м</sub> ) оптимальным образом выполняет механизированный станок. Появление элементов автоматизации процесса обработки
5. Станки с ЧПУ и мехатронные токарные станки, работающие преимущественно по силовой схеме резания	Три функции (энергетические Э <sub>м</sub> , технологические Т <sub>м</sub> и информационно-управляющие И <sub>м</sub> ) выполняет автоматизированный станок
6. Быстроходные мехатронные станки	Три функции (энергетические Э <sub>м</sub> , технологические Т <sub>м</sub> и информационно-управляющие И <sub>м</sub> ) оптимальным образом выполняет автоматизированный станок

терпрайз» (Индия,  $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$ ) и т. д., которые производились до конца XX века.

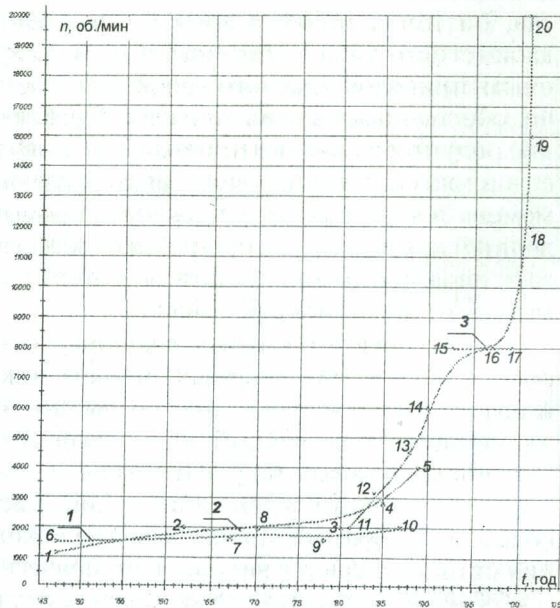


Рис. 4. S-образные закономерности развития сверлильных и фрезерных станков: 1 — универсальные вертикально-фрезерные станки; 2 — универсальные вертикально-сверлильные станки; 3 — станки с ЧПУ и мехатронные станки сверлильно-фрезерной группы

Эти станки в конце XX века, вследствие их более низкой конкурентоспособности по параметрам технического уровня и качества, были ориентированы на сбыт не столько для основного производства серийных заводов,

сколько для вспомогательных производств машиностроительных заводов, на ремонтные предприятия и другие производства с низким техническим уровнем. Задачи инновационной политики экономического роста, смены технологических укладов делают такие станки малоприспособными для технологического перевооружения основного производства на машиностроительных заводах, в серийном приборо- и аппаратостроении.

Аналогичные данные можно проиллюстрировать для станков сверлильной и фрезерной групп (рис. 4). Главными отличительными особенностями в данном случае являются:

- не наличие суппорта А. К. Нартова, а появление механизма подачи стола и других механизмов для выполнения технологических функций;

- обязательная интеграция технологических функций в конструкциях сверлильно-фрезерных станков 5-го поколения (в конструкциях токарных станков того же поколения такое суммирование технологических функций, например точения и фрезерования, встречалось только эпизодически);

- появление уже начиная с конца XX века существенно большего разнообразия, чем среди токарных станков, моделей 6-го поколения станков сверлильно-фрезерной группы (МЦ-1, ИС-630, ВВ-1 и т. д.).



Обобщая изложенное, следует констатировать, что:

- в условиях рыночной экономики для обеспечения конкурентоспособности продукции отечественного станкостроения на внешних рынках необходима смена поколений металлорежущего оборудования на всех станкостроительных заводах, а не только на передовых станкостроительных предприятиях в городах Иваново, Кимры, Стерлитамак, где освоено серийное производство станков 6-го поколения;

- при разработке проектов технического перевооружения и реконструкции механических цехов серийных машиностроительных заводов в технологической части таких инновационных проектов при решении задач обновления парка технологического оборудования должно находить первоочередное применение металлорежущих станков 5- и 6-го поколения взамен станков предшествующих поколений такой техники в обеспечение конкурентоспособности отечественной машиностроительной продукции на основе смены технологических укладов;

- решение задач технической подготовки производства должно в настоящее время строиться не столько на использовании отдельных рецептов по улучшению тех или иных сторон процессов, сколько на применении научно обоснованных законов и закономерностей инноватики как науки, которая обеспечивает научно-технический прогресс в техническом (технологическом) перевооружении производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные направления государственной инвестиционной политики Российской Федерации в сфере науки и технологий (утв. Распоряжением Правительства РФ от 11 декабря 2002 г. № 1764-р).
2. Sahal D. Patterns of Technological Innovation. New York Univ., 1981. 366 p.
3. Асеев В. С., Гмызова О. Л., Марасунов В. М., Селиванов С. Г. Инновационные закономерности подготовки производства оборудования с ЧПУ и мехатронных станков // Инновационные проблемы развития машиностроения в Башкортостане. Уфа: Гилем, 2004.

## ОБ АВТОРАХ

**Селиванов Сергей Григорьевич**, проф. каф. технологии машиностроения. Дипл. инж. по автоматизац. машиностроения (УАИ, 1970). Д-р техн. наук по технологии машиностроения (Мосстанкин, 1991). Иссл. в обл. технологической подготовки, реконструкции, теории организации производства.



**Гмызова Ольга Львовна**, аспирантка той же каф. Дипл. инж.-экономист в обл. информац. систем (УГАТУ, 2001). Работает над диссертацией об инновац. технологич. проектировании.

