

УДК 658.5.011.46:621

О. Ю. ПАНЬШИНА

МЕТОД ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕООРУЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

Для инновационных проектов технического перевооружения механических цехов разработан метод выбора технологического оборудования. Применение метода рассмотрено на примере фрезерных станков. Представлены закономерности смены поколений горизонтальных и вертикальных консольных фрезерных станков. *Выбор технологического оборудования ; огибающая кривая ; S-образные закономерности ; фрезерные станки.*

Одним из основных средств развития производства является техническое перевооружение. В первую очередь необходимо отметить, что техническое перевооружение – это комплекс мероприятий, направленных на повышение технико-экономического уровня деятельности предприятий, отдельных производств, цехов и участков за счет внедрения современной техники и прогрессивной технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования, улучшения организации и структуры производства, а также других мероприятий без расширения производственных площадей и увеличения количества рабочих мест. Целью технического перевооружения является подготовка дополнительных производственных мощностей предприятия для выпуска новой продукции или увеличения выпуска продукции, которая пользуется повышенным спросом на рынке, при улучшении технико-экономических показателей работы предприятия [1]. Основным способом достижения данной цели является переоборудование и техническое перевооружение действующего производства.

В данном исследовании для разработки инновационных проектов технического перевооружения в рамках системы научно-технологической подготовки разработан метод выбора необходимого технологического оборудования на примере анализа и использования в проектах закономерностей инновационного развития ме-

хатронных станков фрезерной группы. Известно, что выбор оборудования осуществляется различными методами как по показателям экономической эффективности, так и по критериям технического уровня. К критериям технического уровня обычно относят показатели назначения, надежности, сменности и загрузки оборудования, уровня его автоматизации, коэффициенты, характеризующие технологичность конструкции изделия, эргономические показатели и другие. Для выбора технологического оборудования по технико-экономическим показателям применяют различные методики, основанные на расчетах производственных мощностей, оценках уровня специализации и типа производства, использовании методов линейного и динамического программирования, искусственных нейронных сетей и теории графов [2]. Вместе с тем, все названные методики были недостаточно ориентированы на применение инновационных закономерностей смены поколений металлорежущих станков. До последнего времени, в отличие от других видов техники, металлорежущие станки даже не рассматривались с точки зрения их принадлежности к тому или иному поколению технологического оборудования.

В целях изменения создавшегося положения рассмотрим основные инновационные закономерности смены поколений металлорежущего оборудования фрезерной группы по показателю, характеризующему производительность станка, иллюстрирующему возможности замены устаревшей силовой схемы резания на более прогрессивные схемы скоростной или высокоскоростной обработки.

Исходные данные по вертикально-фрезерным консольным станкам фрезерной группы

Модель станка	Год начала выпуска	Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин
612	1935	425
6Б12	1937	425
6А12П	1963	2 000
6А12Р	1968	2 000
6Г12Ф3, 6Т13МФ4-1	1989	2 000
6Г13МФ4, 6М13СН2	1987	2 000
6Г13Ф20	1989	2 200
6Н10	1953	2 240
6Н11	1956	1 800
6Н12, 6Н13	1950	1 500
6Н11В	1972	1 800
6Н12П, 6Р11САУ	1972	1 600
6Н13П	1957	1 600
6Н12ПБ	1972	3 150
6Н13ПБ	1972	2 500
6Н13ГЭ2	1969	1 600
6Н13ГН1, 6Р13	1971	1 600
6Н13СН2	1986	1 600
6Н13Ф3	1970	1 600
6Н13Ф3-2	1973	1 600
6М10	1962	2 240
6М11	1960	2 000
6М12, 6М12П	1960	1 600
6М11К, 6М12К	1969	2 000
6М13К	1962	2 000
6М11П, 6Р13К	1972	2 000
6М12ПБ	1961	2 500
6М13ПБ	1964	2 500
6М13У	2001	2 000
6М13ГН1	1971	2 000
6М13СН, 6Р12К	1975	2 000
6М13СН3К, СФ40М	1997	2 500
6М13СН3КНЦ	2001	2 500
6Р10	1965	2 240
6Р12	1954	1 600
6Р12Б, 6Р13Б	1974	2 500
6Р11Ц	1975	1 600
6Р11Ф3, 6Р11Ф3-1	1973	2 500
6Р13Ф3	1972	2 000
6Р13Ф3-37	1982	2 000
6Р11МФ3	1976	1 600
6Р13РФ3	1975	2 000
6С12, 6С12Ц, ГФ-857	1969	1 600
6С12П	1979	1 600
6Т10	1971	2 240

Окончание таблицы

Модель станка	Год начала выпуска	Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин
6Т12-1, 6Т13-1, 6Т12Ф20	1984	1 600
6Т13Ф3, ГФ2171С3	1984	2 500
6Т13Ф20, 6Т13Ф20-1	1987	2 000
6Т12Ф20-1	1985	2 000
6К11	1960	1 600
6К12	1961	1 600
6Л12П	1964	1 800
6Д12Ф20	1989	2 000
ВМ127	1980	2 000
ВМ127М	1993	2 000
ГФ-760	1969	3 000
ГФ1700С2В1	1979	2 000
ГФ2171	1983	2 500
ГФ2171С5	1985	2 500
ЛФ320У	2001	2 000
СФ40ПФ1М	1984	2 500
ФП-14В6	2001	2 500
FSS-315	1971	1 400
FSS315R, FSS400R	1979	1 400
FSS-355	1962	1 400
FSS-400	1967	1 400
FSS 400/E	1985	1 400
MF-46VA ф. Okuma	2002	8 000
MU-400VA ф. Okuma	2004	8 000
MA-550VB ф. Okuma	2000	6 000
MIKROMAT 8V	2000	6 000
MIKROMAT 8V 2S	2004	15 000
MIKROMAT 12V	1996	6 000
MIKROMAT 16V	1996	6 000
MIKROMAT 20V	1997	6 000
MIKROMAT 4V HSC	2001	12 000
MIKROMAT 8V HSC	2000	6 000
VDL 500 Kitamura Mycenter	2006	10 000
V-20 ф. Leadwell	2006	8 000
MV-30 I ф. Leadwell	2006	10 000
MCV-1100 ф. Leadwell	2006	8 000
MCV-1400 ф. Leadwell	2006	4 000
SV-500	2006	10 000
500V	2002	8 000
800VF6	2001	8 000
500HS	2007	12 000
VB-1 ф. Haas	2000	7 500
VF-2B ф. Haas	2001	7 500
VF-2D ф. Haas	2003	7 500
VF-3 ф. Haas, VF - 4	1997	7 500
VF-3SS ф. Haas	2004	12 000
VF-5/40	2001	10 000
Mini Mill ф. Haas	2001	6 000
Super Mini Mill ф. Haas	2002	10 000

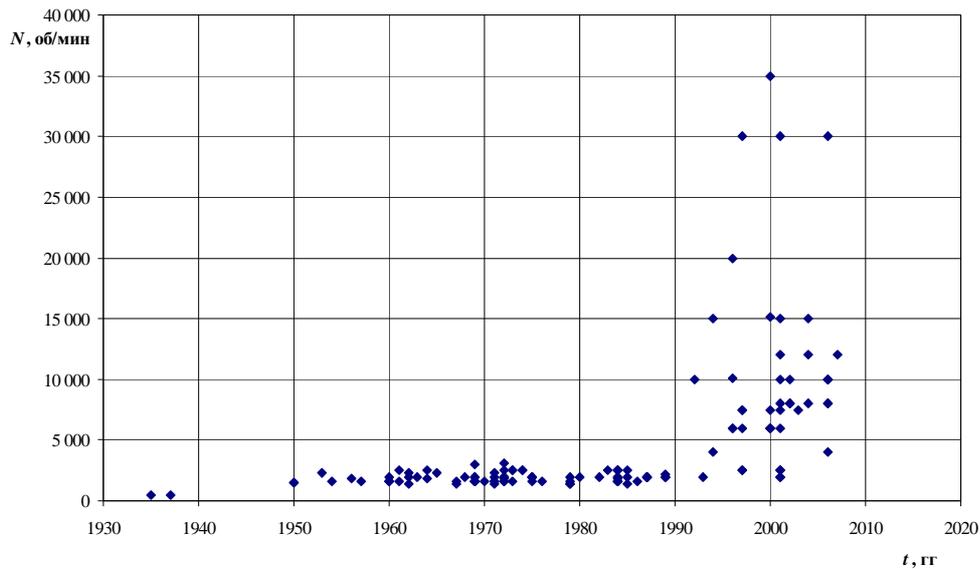


Рис. 1. Вертикально-фрезерные консольные станки

В качестве такого показателя для определения наиболее общих закономерностей смены поколений станков может рассматриваться максимальная частота вращения шпинделя станка. Для получения эмпирических зависимостей рассмотрим исходные данные вертикально-фрезерных консольных станков фрезерной группы, которые приведены в таблице. На основе данных таблицы построена зависимость $N(t)$, где N – частота вращения шпинделя, об/мин, t – год начала выпуска рассматриваемых моделей станков. В результате для данной подгруппы станков фрезерной группы получено эмпирическое поле точек (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что наряду с модификациями моделей станков, работающих в постоянном диапазоне частот регулирования скорости вращения шпинделя, наблюдается также появление станков с улучшенными показателями максимальной частоты вращения шпинделя. При этом модификации конструкций базовых моделей станков, например, 17 точек разных фрезерных консольных станков с максимальной частотой вращения шпинделя 2000 мин^{-1} (рис.1), характеризуются изменением уровня автоматизации, расширением функциональных возможностей станков, повышением точности обработки и другими изменениями.

Четкая инновационная закономерность смены моделей станков фрезерной группы при заданном способе представления исходных данных не прослеживается, а напоминает собой плохо коррелируемое эмпирическое поле точек (рис. 1). Для анализа такого поля точек можно выполнить перегруппировку эмпирических точек станков с учетом метода обработки, для определения инновационных закономерностей

смены поколений металлорежущих станков (рис. 2):

- 1) универсальные станки и станки с позиционной СЧПУ, работающие преимущественно по силовой схеме резания;
- 2) быстроходные универсальные станки;
- 3) станки с контурной СЧПУ, работающие по скоростной схеме резания;
- 4) мехатронные станки нового поколения для высокоскоростного фрезерования.

Особенностью построения линий регрессии и определения инновационных закономерностей смены поколений металлорежущих станков в данном случае является следующее обстоятельство. Известно, что если существует некоторая кривая L , которая в каждой своей точке касается некоторой кривой рассматриваемого семейства, но при этом не совпадает ни с одной из них на протяжении какого-либо своего участка, то эта кривая L называется огибающей семейства кривых, при этом все кривые семейства находятся по одну сторону от огибающей [3]. Соединив ряд точек, соответствующих появлению первого станка с определенным показателем максимальной частоты вращения шпинделя и его модификаций (с тем же показателем), получим семейство кривых, для которых и построим огибающую кривую. Согласно вышесказанному, огибающая семейства кривых проходит через крайние точки данных кривых, т. е. через точки, соответствующие появлению первых станков с улучшенным показателем производительности, охватывая поле точек, соответствующих появлению модификаций этих станков за счет улучшения других критериев технического уровня.

Таким образом, кривая, описывающая сме-

ну поколений вертикально-фрезерных консольных станков, проходит не через усредненные значения всего эмпирического поля точек, как в типовых случаях регрессионного анализа, а только через точки появления первых моделей станков каждого ряда. Исходя из этого, получен график, представленный на рис. 3.

Данный метод, исходя из способа построения закономерностей смены поколений станков, назван «методом огибающих регрессий».

График, представленный на рис. 3, отражает последовательную смену трех поколений станков: первое поколение фрезерных станков (ряд А), состоящее из универсальных станков и станков с позиционной системой ЧПУ, работающих преимущественно по силовой схеме резания, и на их базе появление быстроходных универсальных станков (ряд Б) сменилось вторым поколением станков (ряд В) с контурной системой ЧПУ, работающих по скоростной схеме резания; в настоящее время появились мехатронные станки нового поколения (ряд Г), работающие в режиме высокоскоростной обработки.

Верхняя часть огибающей кривой В представлена тремя вариантами: $v1$ – станки, разработанные в России, $v2$ – США и $v3$ – Германии, как наиболее ярких представителей поставщиков оборудования на мировом рынке. Как видно из рис. 3, станки, представленные модельным рядом российского производства $v1$ (например, «Стерлитамак М.Т.Е.») находятся ниже рядов $v2$ и $v3$ по параметру максимальной частоты вращения шпинделя. К ос-

новным зарубежным производителям прецизионных обрабатывающих центров относятся: США – фирмы HAAS и Okuma America, Германия – фирма Mikromat, Япония – фирма Okuma, Швейцария – фирма Mikron, Тайвань – фирма Leadwell и др., причем в последнее время наблюдается кооперация ведущих производителей с целью расширения рынка сбыта и повышения конкурентоспособности совместной продукции.

В анализируемом в данной статье случае видно, что в верхней части S-образной кривой (ряд А) начинают существенно снижаться темпы роста показателя производительности при замене старых модификаций на новые станки, которые основаны на том же принципе действия. Возникла необходимость отказа от «стареющего» оборудования путем его замены на более прогрессивное, которое основано на ином принципе действия. Таким образом, осуществлялся переход к новому поколению станков на другую S-образную кривую развития (ряд В). Также необходимо отметить, что ряд В имел продолжительную стадию «зарождения», т. е. практически не наблюдалось появление станков с улучшенными показателями производительности. Представленные модели станков ряда Г являются импортными (США, Германия), в отличие от моделей станков рядов А, Б и В1 производства стран СНГ и России, где в 90-е годы наблюдалось снижение уровня НИОКР, направленных на создание «критических технологий» пятого технологического уклада.

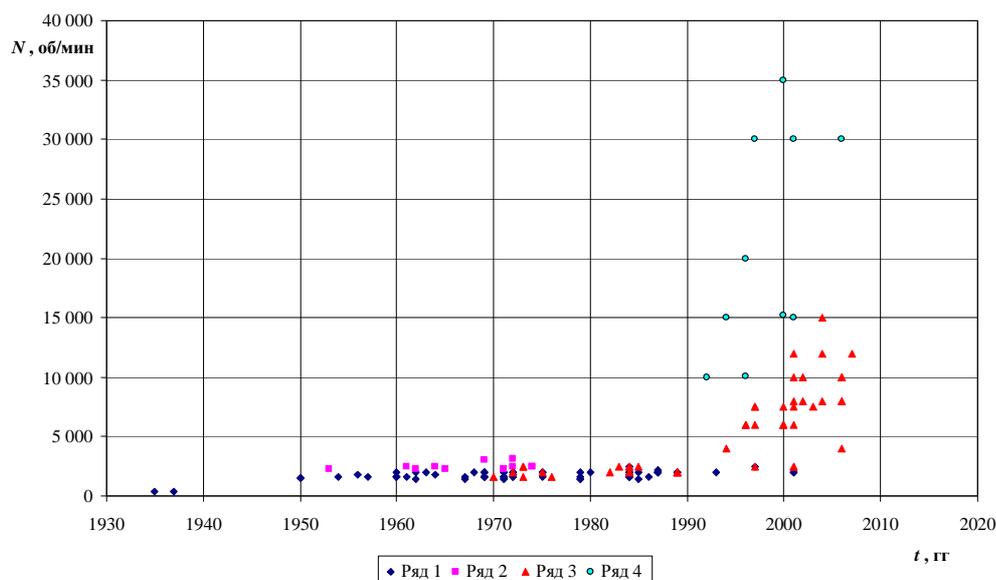


Рис. 2. Группирование эмпирических точек станков с учетом различных методов обработки: ряд 1 – универсальные станки и станки с позиционной СЧПУ, работающие преимущественно по силовой схеме резания; ряд 2 – быстроходные универсальные станки; ряд 3 – станки с контурной СЧПУ, работающие по скоростной схеме резания; ряд 4 – мехатронные станки нового поколения для высокоскоростного фрезерования

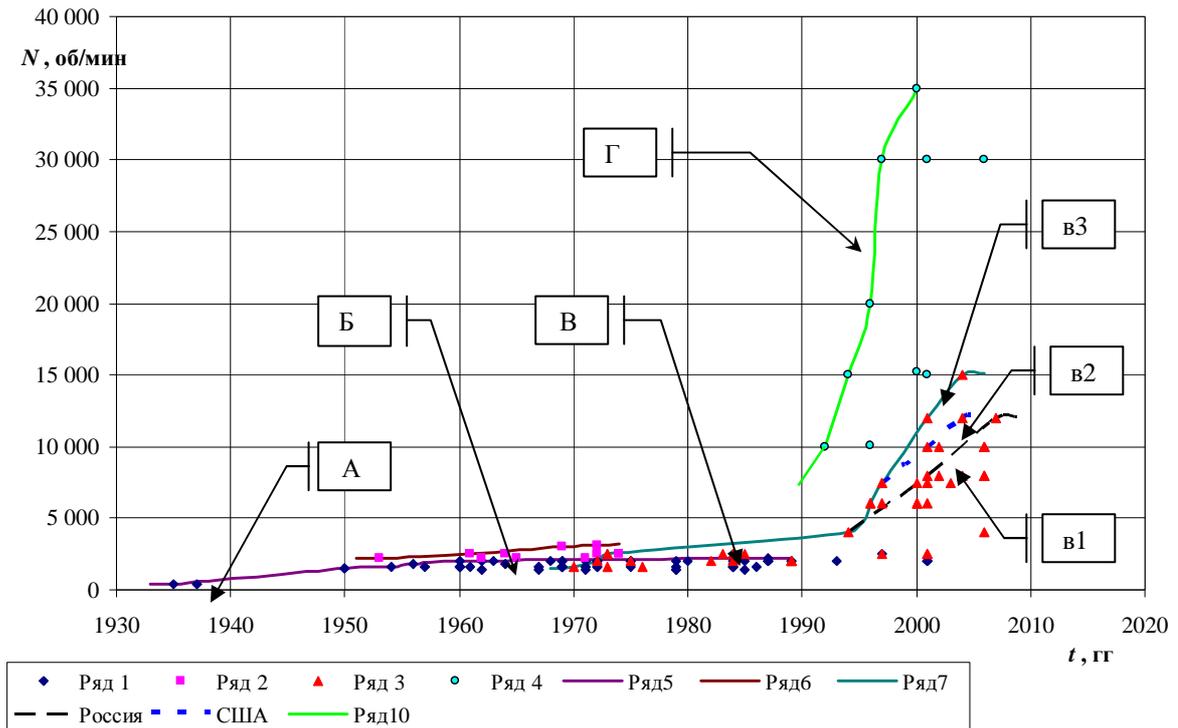


Рис. 3. S-образные закономерности смены поколений вертикально-фрезерных консольных станков, построенные методом огибающих регрессий: *огибающая кривая (ряд А)* – универсальные станки и станки с позиционной СЧПУ, работающие преимущественно по силовой схеме резания; *огибающая кривая (ряд В)* – быстроходные универсальные станки; *огибающая кривая (ряд В)* – станки с контурной СЧПУ, работающие по скоростной схеме резания; *огибающая кривая (ряд Г)* – мехатронные высокоскоростные фрезерные станки нового поколения

Исходя из сказанного, можно утверждать, что подавляющее большинство металлообрабатывающего оборудования машиностроительных предприятий – это чаще всего морально устаревшие станки с точки зрения теории технологических укладов.

На основании данных рис. 3 можно сделать выводы о том, что в настоящее время наибольшую производительность обработки в рамках скоростной схемы резания обеспечивают мехатронные станки.

На основании данных рис. 3 можно сделать выводы о том, что в настоящее время наибольшую производительность обработки в рамках скоростной схемы резания обеспечивают мехатронные станки.

Аналогичные закономерности процесса смены поколений станков можно построить и для остальных подгрупп фрезерных станков, например, для горизонтальных фрезерных станков (рис. 4). Согласно рис. 4, прослеживаются те же закономерности смены поколений станков, что и для вертикально-фрезерных консольных станков (рис. 3).

Из рис. 3, 4 видно, что смена поколений металлорежущих станков, также как и в других типах инновационных закономерностей смены поколений техники, происходит на основе S-образных закономерностей развития.

Одну из первых S-образных закономерностей развития технологий получил американец индийского происхождения Д. Сахал [4], она в дальнейшем была дополнена S-образными закономерностями быстро развивающихся новых технологий, S-образными закономерностями смены поколений техники и технологий и логистическими S-образными закономерностями диффузии технологий по мере насыщения рынка новой продукцией. Такие S-образные кривые позволяют выделять области существования артефактов, промежуточных технологий, высоких технологий, а по точкам пересечения различных S-образных кривых определять области зарождения критических технологий, которые обеспечивают смену поколений техники и технологий.

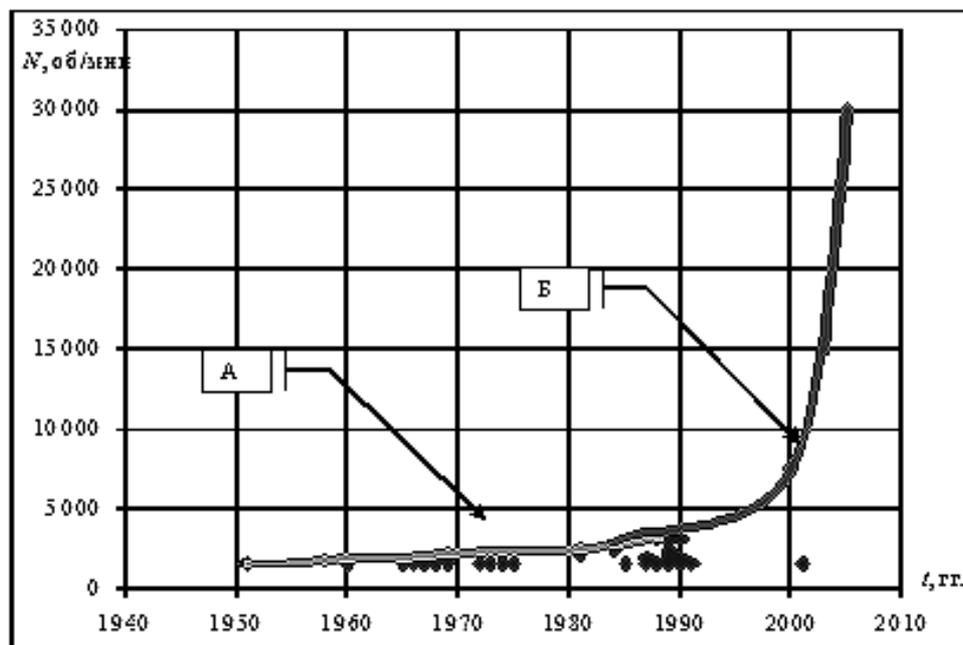


Рис. 4. S-образные закономерности смены поколений горизонтальных фрезерных станков: огибающая кривая (ряд А) – универсальные станки и станки с ЧПУ; огибающая кривая (ряд Б) – быстроходные и высокоскоростные станки

ВЫВОДЫ

Главное отличие S-образных закономерностей, полученных в данном исследовании, характеризуется тем, что S-образные кривые получены методом огибающих регрессий (рис. 3, 4).

В данной статье приведен анализ технического уровня подгрупп фрезерных станков по показателю производительности (максимальной частоте вращения шпинделя), что, однако, не дает полной информации об уровне развития. Поэтому необходима многокритериальная оценка по нескольким показателям, например, таким как производительность, точность позиционирования, количество выполняемых функций, уровень автоматизации и механизации и др. Поскольку одновременно отслеживать во времени изменения нескольких показателей технического уровня довольно сложно, то необходимо применять обобщенный показатель технического уровня, произведя мультипликативную свертку этих показателей.

Таким образом, для инновационных проектов технического перевооружения механических цехов методом выбора технологического оборудования, в частности, фрезерных станков, является многокритериальная оценка по показателям технического уровня и, на основе этого, построение зависимостей смены поколений оборудования в виде огибающей S-образной кривой для анализа точек перехода к новым по-

колениям скоростных и высокоскоростных металлорежущих станков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Селиванов, С.Г. Теоретические основы реконструкции машиностроительного производства / С. Г. Селиванов, М. В. Иванова. Уфа : Гилем, 2001. 312 с.
- 2 Мухин, А.В. Машиностроение. Энциклопедия. Технологическая подготовка производства. Проектирование и обеспечение деятельности предприятия. Т. III / А. В. Мухин [и др.]. М. : Машиностроение, 2005. 576 с.
- 3 Ильин, В.А. Основы математического анализа / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. 3-е изд., ч. 1. М., 1971. 599 с.
- 4 Сахал, Д. Технический прогресс: концепции, модели, оценки / Д. Сахал. М. : Финансы и статистика, 1985. 366 с.

ОБ АВТОРЕ



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