

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Международная академия технического образования**

# **МАШИНОСТРОЕНИЕ**

**РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ  
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**Выпуск 20**

**В двух томах**

**Том 1**

**Минск  
УП «Технопринт»  
2004**

621.4

УДК 621.002(082)

~~ББК 34.4~~

М 38

Сборник основан в 1976 году

Редакционная коллегия:

И. П. Филонов (гл. редактор), А. П. Акулич,  
Г. Я. Беляев (зам. гл. редактора), Ю. В. Василевич, Э. М. Дечко,  
С. А. Иващенко, М. М. Кане, А. И. Кочергин, М. И. Михайлов,  
Ж. А. Мрочек, Ф. И. Пантелеевко, М. Ф. Пашкевич, В. И. Похабов,  
А. Ф. Присевок, А. Т. Скойбеда, Н. В. Спиридонов, В. И. Туромша,  
И. С. Фролов (отв. секретарь), А. В. Чигарев, А. М. Якимович

Рецензенты:

академик НАНБ, доктор технических наук,  
профессор П. И. Ящерицын;  
доктор технических наук, профессор В. С. Ивашко

**Машиностроение:** Республиканский межведомственный сбор-  
М 38 ник научных трудов. Вып. 20, в двух томах. Т. 1 / Под ред. И. П. Фило-  
нова.— Мн.: УП «Технопринт», 2004.— 398 с.

ISBN 985-464-607-6 (Т. 1)

В сборнике представлены результаты исследований различных процессов механической обработки деталей и технологии их изготовления. Изложены новые принципы проектирования некоторых инструментов, станков и другого технологического оборудования. Приведены результаты работ по электрофизическим и электрохимическим способам обработки материалов. Представлены некоторые направления развития механики структур и материалов. Рассмотрены проблемы динамики и прочности машин. Изложены актуальные вопросы экономики машиностроительного производства, инженерной педагогики и психологии.

УДК 621.002(082)

ББК 34.4

ISBN 985-464-607-6 (Т. 1)

ISBN 985-464-606-8

© Оформление

УП «Технопринт», 2004

# ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.002.56; 621.001.4; 621:658.011.56

**В. И. Аверченков, В. П. Федоров,  
М. Н. Нагоркин, В. В. Нагоркина**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОЙ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ И ИЗМЕРЕНИЯ**

*Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия*

Надежность изделий машиностроения во многом определяется эксплуатационными свойствами соединений деталей, к которым относятся износостойкость, контактная жесткость, герметичность и др. В частности, износостойкость соединений до 80 % определяет активную часть жизненного цикла многих изделий машиностроения и, наряду с контактной жесткостью соединений, является одним из определяющих факторов качественной работы узлов и механизмов высокоточного технологического оборудования и оснастки.

Современные достижения технологии машиностроения убедительно показывают, что эксплуатационные свойства (ЭС) деталей машин зависят от точности и ряда функциональных параметров качества поверхности и поверхностного слоя (ПКПС), к которым в первую очередь относятся макроотклонения, волнистость, шероховатость, наклеп и остаточные напряжения. Параметры качества делятся на производственные, которые регламентированы соответствующими стандартами и имеют соответствующее метрологическое обеспечение (профилографы-профилометры различных систем, кругломеры, микротвердомеры и т. д.), и исследовательские, не имеющие указанного обеспечения.

Наиболее эффективными с точки зрения воздействия на контактирующие поверхности деталей машин являются комбинированные методы обработки. Это обусловлено тем, что они обладают большим количеством независимых технологических факторов, увеличивающих технологическую гибкость метода обработки. С этой точки зрения можно проранжировать технологические системы (ТС) обработки поверхностей по эффективности технологического управления параметрами КПС и ПЭС, начиная с менее эффективных, следующим образом:

- 1) обработка резанием (лезвийные и абразивные методы);
- 2) обработка поверхностным пластическим деформированием (накатывание и раскатывание поверхностей шариками и роликами, вибронакатывание, алмазное выглаживание, дорнование и др.);
- 3) электрофизические методы обработки (электромеханическая, электроэрозионная, лазерная и др.);
- 4) обработка методами 1, 2, 3 на станках с числовым программным управлением при использовании последнего не только для формообразования, но и для управления в пределах перехода скоростными, силовыми и другими факторами обработки с целью формирования требуемых свойств обрабатываемой поверхности в функции ее координат программным способом;
- 5) методы обработки, связанные с нанесением различных покрытий различными способами (твердые износостойкие покрытия, многослойные покрытия, мягкие прирабочные пленки, пленки из полимерных материалов и др.);
- 6) комбинированные системы обработки, построенные на основе методов 1–5 и обладающие максимальной технологической «гибкостью» за счет значительного увеличения числа факторов, управляющих формированием КПС.

Все перечисленные системы на современном этапе развития машиностроения предполагают широкую компьютеризацию процессов программирования, управления обработкой и измерениями.

Приведенный перечень методов обработки не претендует на исчерпывающую полноту и предполагает дальнейшее расширение и уточнение.

Детально вопросами формирования качества поверхности и поверхностного слоя занимается относительно новое научное направление в технологии машиностроения — инженерия поверхности. Учение об инженерии поверхностей развивается по пяти научным направлениям, среди которых находится установление, технологическое обеспечение и контроль необходимой формы и параметров качества поверхностного слоя деталей машин. Очевидно, что применение ЭВМ значительно повышает гибкость и эффективность решения этих задач в условиях современного производства.

С целью повышения надежности технологического обеспечения требуемых эксплуатационных свойств поверхности детали необходимо высокопроизводительное измерение и вычисление большого количества параметров качества с высокими требованиями к точности и достоверности получаемых результатов. В настоящее время эти задачи наиболее эффективно могут решаться путем разработки и реализации автоматизированных управляющих измерительно-информационных систем (ИИС) на базе персональных ЭВМ. Основными задачами подобных систем являются автоматизация процесса управления измерениями, сбором, обработкой и представлением информа-



ции, а при необходимости, управление экспериментом, что предполагает объединение в единый комплекс измерительных, регистрирующих и управляющих приборов [1, 2].

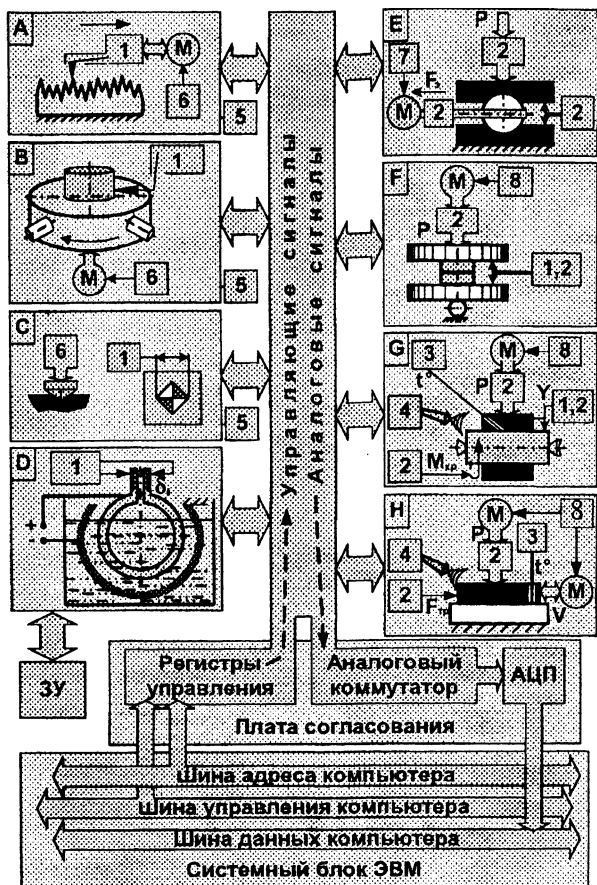


Рис. 1. Блок-схема системы компьютерного мониторинга свойств поверхностей

Управление объектами исследований осуществляется от персонального компьютера типа IBM PC с использованием ЦАП и задающих устройств. Предлагаемая система компьютерного мониторинга (рис. 1) является открытой и включает следующие модули:

• **А, В** — для измерения параметров шероховатости, волнистости и отклонений от круглости с применением серийно выпускаемых профилометров мод. 170311, 170622 и кругломера мод. 175121 («Калибр», Россия);

• **С** — для измерения микротвердости с использованием микротвердомера ПМТ-3М (ЛОМО) и фотоэлектрического окулярного микрометра ФОМ-2-16;

• **Д** — для измерения деформаций при исследовании остаточных напряжений поверхностного слоя по методу акад. Давиденкова;

• **Е** — для измерения молекулярной составляющей коэффициента трения на адгезиометре конструкции «ИМАШ»;

• **Ф** — для измерения нормальной контактной жесткости и податливости плоских стыков деталей машин при статических и динамических нагрузках;

• **Г** — для трибодиагностики трибосистем с плоскими поверхностями контакта трибоземленов при статических и программируемых динамических нагрузках, включая измерение контактной податливости;

• **Н** — для трибодиагностики цилиндрических пар трения (подшипники скольжения) при статических и программируемых динамических нагрузках, включая измерение контактной податливости.

В качестве измерительных элементов система компьютерного мониторинга параметров КПС и ПЭС предусматривает использование индуктивных и тензометрических датчиков для измерения перемещений, сил, крутящих моментов; термопар для измерения температуры и ее градиента в зоне контакта трибоземленов; микрофонные датчики для проведения акустического мониторинга как на модулях **Г** и **Н** в процессе исследований, так и на реально эксплуатируемых комплексах трибосистем. Кроме указанных измерительных элементов, автономно могут использоваться измерительные блоки, встроенные в серийно выпускаемые приборы (профилографы-профилометры, кругломеры, твердомеры и т. п.). В этом случае исследователь лишен возможности создания соответствующей автоматизированной базы данных.

В качестве привода исполнительных элементов для модулей **А, В, С, Д** используются встроенные в серийно изготавливаемые блоки приборов 175, 121, 170311, 170622, ПМТ-3М двигатели. Для модуля **З** используется программируемый от ПК привод постоянного тока. Мониторинг нормальной контактной жесткости плоских стыков осуществляется при условиях нагрузки, задаваемых приводом для статических и динамических нагрузок, законы распределения, которых задаются программным методом от ПК. Аналогично задается закон изменения нагрузок, включая программируемую случайную компоненту при мониторинге цилиндрических (**Г**) и плоских (**Н**) трибосистем.

Примерами модулей для измерения параметров шероховатости, волнистости и отклонений от круглости предлагаемой схемы компьютерного мониторинга КПС могут служить измерительно-информационные системы ИИС-1 (рис. 2,а) и ИИС-2 (рис. 2,б), созданные в БГТУ (г. Брянск, Россия).

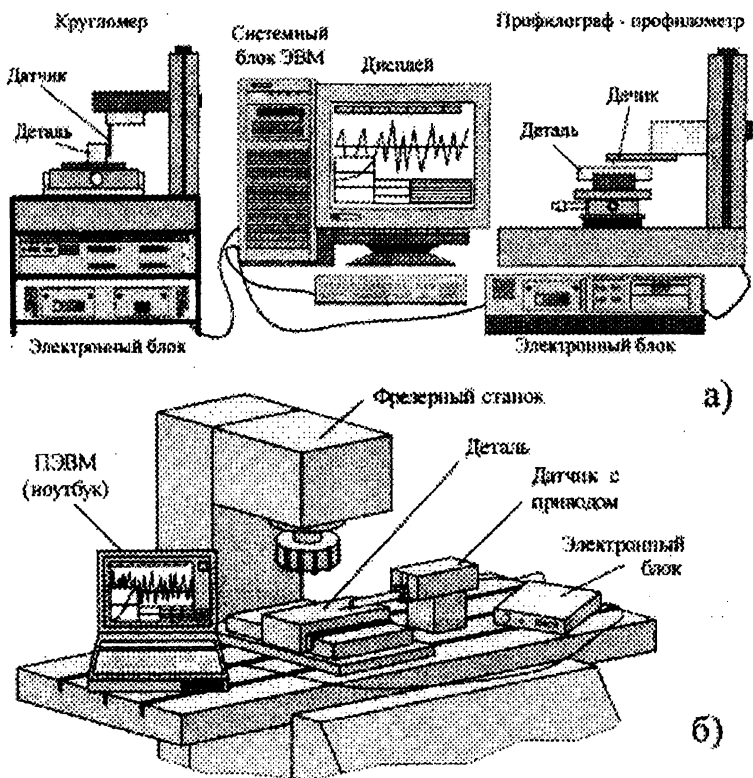


Рис. 2. Состав исследовательской ИИС-1 (а) и производственной мобильной ИИС-2 (б) компьютерного мониторинга геометрических ПКПС

Исследовательская измерительно-информационная система ИИС-1 предназначена для автоматизации измерения и расчета геометрических параметров поверхностей деталей машин, характеризующих шероховатость, волнистость, отклонение от круглости, а также анализа и хранения полученной информации в базах данных.

В составе ИИС-1 в качестве управляющего модуля используется компьютер IBM PC; в качестве измерительных модулей для измерения параметров шероховатости и волнистости — профилограф-профилометр типа мод. 170311 («Калибр»); для измерения отклонений от круглости — кругломер типа мод. 175121 («Калибр»). В качестве модуля сопряжения между ПЭВМ и измерительными блоками применяется универсальный адаптер аналого-цифрового ввода-вывода NVL 03 для IBM PC («Сигнал»). Организация ИИС-1 базируется на модульном принципе построения технических и программных блоков, что позволяет, в отличие от существующих аналогов, модифицировать и наращивать систему.

При измерении обеспечивается визуализация результатов измерения в режиме «реального времени», что дает возможность принимать решение о дальнейших действиях.

Информационно-измерительная система ИИС-1 позволяет измерить и вычислить свыше 10 параметров шероховатости со стандартным алгоритмом расчета; до 10 параметров шероховатости с нестандартным алгоритмом расчета; 5 параметров волнистости; 4 параметра отклонений от круглости.

Программное обеспечение ИИС-1 позволяет производить сервисную обработку измерительной информации — представлять ее в виде таблиц, графиков, моделей и др. Полученная информация хранится в базах данных, в которых можно производить фильтрацию и сортировку результатов измерений по требуемым критериям. Обеспечивается вывод полученных данных на печать в виде компактных и расширенных протоколов.

Для контроля геометрических параметров качества поверхностей деталей машин в лабораторных и цеховых условиях машиностроительных, приборостроительных, ремонтных и других предприятий, предлагается применять информационно-измерительную систему ИИС-2, отличающиеся высокой производительностью измерений. По своим возможностям измерительно-информационная система ИИС-2 аналогична ИИС-1, но отличается технической реализацией, размерами и высокой мобильностью.

В качестве вычислительного (управляющего) модуля может применяться любой компьютер типа IBM PC. В качестве измерительного модуля выступает блок привода с датчиком-преобразователем от профилометра мод. 170622, устанавливаемый, в зависимости от габаритов измеряемой детали, непосредственно на измеряемую поверхность или на сменных опорах. В качестве блока согласования используется разработанный электронный блок оригинальной конструкции, выполняющий функции сопряжения управляющего и измерительного блоков, а также аналого-цифрового преобразователя. Присоединение электронного блока к компьютеру производится через последовательный COM-порт.

При создании программного обеспечения ИИС-2 использовались пакеты прикладных программ математического обеспечения, специального назначения (обработка результатов измерения) и метрологического обеспечения, разработанные ранее для ИИС-1. Поэтому ИИС-2 обладает возможностями и достоинствами, присущими предыдущей системе.

Измерительно-информационная система позволяет рассчитать и вывести на экран дисплея компьютера результаты расчетов свыше 20 параметров шероховатости и волнистости; построить график относительной опорной кривой профиля неровностей поверхности детали, производить ряд сервисных операций исследования профилограмм.

Основным достоинством системы является большая скорость измерений, небольшой габарит (размеры электронного блока 200x150x40 мм), малый вес (до 3 кг).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аверченков В. И., Федоров В. П. Компьютерные системы обработки и контроля качества поверхностного слоя деталей машин // Инженерия поверхности. Приложение. Справочник. Инженерный журнал. № 8. — М.: Машиностроение, 2002. — С. 16–19.
2. Аверченков В. И., Ковальова О. В., Нагоркин М. М., Федоров В. П. Інженерія і комп'ютерний моніторинг поверхонь деталей машин при обробці на верстатах із ЧПУ // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. Технічні науки. — 2001. — С. 7–14.

УДК 621.787.6: 519.8

В.В. Афаневич

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНОГО РАСКАТЫВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ

*Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь*

Одной из реализаций метода поверхностно-пластического деформирования деталей является инерционно-импульсная обработка, при которой деформирующие тела (шарики) получают движение, перпендикулярное обрабатываемой поверхности, и наносят по ней удары. Инструмен-

том для осуществления такой обработки является раскатчик, который представлен на рис. 1.

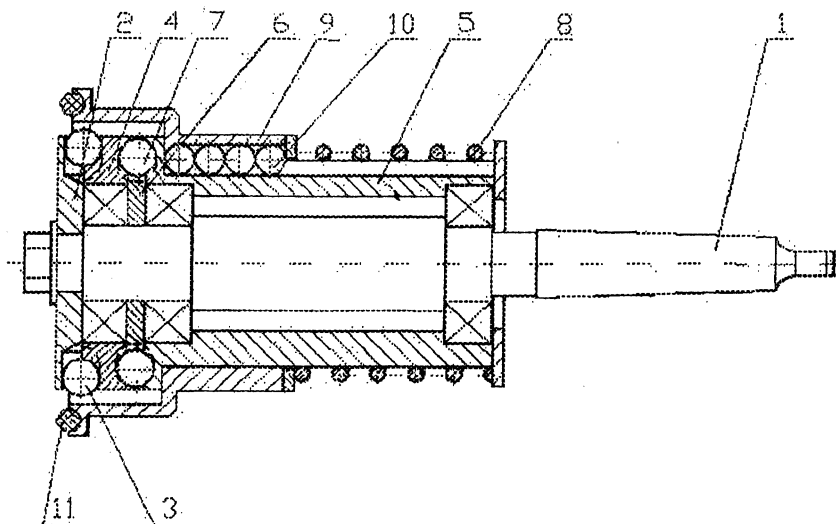


Рис.1. Инерционно-импульсный шариковый раскатчик

Во время обработки заготовка совершает вращательное движение, а раскатчик совершает движение подачи. За счет этого и обрабатывается внутренняя цилиндрическая поверхность по всему ее периметру. При этом вращение заготовки передается на втулку 9 поводкового устройства посредством торцевого поводка 11, а от втулки 9 — ко втулке 5 при помощи подвижной шпонки, выполненной в виде направляющих шариков 10. Втулка 5, являясь ведущим звеном редуцирующего узла, передает вращение ведомому звену 4, выполняющему функции опорного элемента. Этот элемент имеет на своем левом торце замкнутую периодическую канавку. Она выполнена таким образом, что шарики 3, обкатываясь по ней, выступают за ее наружную цилиндрическую поверхность, совершая возвратно-поступательное движение в сепараторе. При этом сепаратор, выполненный в виде набора радиальных пазов, неподвижно закреплен на заторможенной оправке. Поэтому шарики в момент удара находятся в одних и тех же местах относительно оси инструмента. Шарики относительно канавки расположены таким образом, что удары по обрабатываемой поверхности наносятся в шахматном порядке, то есть одновременно всей группой шаров, находящихся в вершинах периодическо-

го профиля. Если пронумеровать шары, начиная с шара, находящегося в этот момент в какой-либо вершине профиля, то этим шарам будут соответствовать нечетные номера. Затем, по мере вращения детали, эти шары опускаются во впадины периодического профиля, а на их место из соответствующих впадин поднимается другая половина шаров (с четными номерами) и наносит удар по поверхности. Далее этот цикл повторяется.

Учитывая описанные принципы работы инструмента, была разработана модель инерционно-импульсной обработки, которая может быть использована для выбора оптимальных режимов раскатывания на основе анализа следов деформирующих элементов на обрабатываемой поверхности. Исходными данными для такой модели являются следующие параметры:

- частота вращения заготовки  $n_0$  (об/мин);
- передаточное отношение редуцирующего узла  $U$ ;
- число периодов опорного элемента  $N_p$ ;
- подача инструмента на оборот  $S_o$  (мм/об);
- диаметр обрабатываемой заготовки  $D$  (мм).

Модель учитывает следующие соображения. Частота вращения опорного элемента деформирующих шариков определяется выражением

$$n_1 = \frac{n_0}{U}, \quad (1)$$

где  $n_0$  — частота вращения заготовки;  $U$  — передаточное отношение редуцирующего узла.

Определив эту частоту, можно определить также и частоту ударов каждой (четной или нечетной) группы шариков:

$$n_{ш} = n_1 \cdot N_p = \frac{n_0}{U} \cdot N_p, \quad (2)$$

где  $N_p$  — число периодов опорного элемента.

Соответственно, период времени, через который группа шариков будет наносить удар по обрабатываемой поверхности, будет равен величине

$$T_{ш} = \frac{1}{n_{ш}} = \frac{U}{N_p \cdot n_0}, \quad (3)$$

Расстояние между центрами следов шариков одноименной группы (например, нечетной) в направлении подачи можно найти по следующей формуле:

$$L_{ш.с} = T_{ш} \cdot S_{ш}, \quad (4)$$

где  $S_{ш}$  — минутная подача инструмента.

В свою очередь, расстояние по длине окружности между следами соседних шариков одноименной группы в направлении вращения определяется соотношением

$$\Delta l = \frac{l}{N_p} = \frac{\pi \cdot D}{N_p}, \quad (5)$$

где  $l$  и  $D$  — длина и диаметр обрабатываемой поверхности.

Расстояние по длине окружности между соседними следами одного и того же шарика в направлении вращения определяется соотношением

$$L_{\text{инт.ф}} = T_{\text{ш}} \cdot v = T_{\text{ш}} \cdot n_0 \cdot \pi \cdot D, \quad (6)$$

где  $v = n_0 \cdot \pi \cdot D$  — линейная скорость точки обрабатываемой поверхности в направлении вращения.

Следы деформирующих элементов на обработанной поверхности строятся на графике в координатах «Длина окружности» — «Длина обработки» на основе уравнений (3)...(6), как показано на схеме (рис. 2). На этом рисунке закрашенными окружностями обозначены следы от нечетных деформирующих элементов, а незакрашенными — от четных. По этой схеме можно найти следующие расстояния, характеризующие расположение следов:

$$AB = \sqrt{S_{\text{м}}^2 \cdot T_{\text{ш}}^2 + T_{\text{ш}}^2 \cdot n_0^2 \cdot \pi^2 \cdot D^2}, \quad (7)$$

$$AD = \frac{\pi \cdot D}{N_p}, \quad (8)$$

$$AH = \sqrt{\left(\frac{S_{\text{м}} \cdot T_{\text{ш}}}{2}\right)^2 + \left(T_{\text{ш}} \cdot n_0 \cdot \pi \cdot D + \frac{\pi \cdot D}{N_p \cdot 2}\right)^2}, \quad (9)$$

$$AI = S_{\text{м}} \cdot T_{\text{ш}}, \quad (10)$$

$$BD = \sqrt{(S_{\text{м}} \cdot T_{\text{ш}})^2 + \left(\frac{\pi \cdot D}{N_p} - T_{\text{ш}} \cdot n_0 \cdot \pi \cdot D\right)^2}, \quad (11)$$

$$BH = \sqrt{\left(\frac{S_{\text{м}} \cdot T_{\text{ш}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\pi \cdot D}{N_p \cdot 2}\right)^2}, \quad (12)$$

$$DH = \sqrt{\left(\frac{S_{\text{м}} \cdot T_{\text{ш}}}{2}\right)^2 + \left(T_{\text{ш}} \cdot n_0 \cdot \pi \cdot D - \frac{\pi \cdot D}{N_p}\right)^2}. \quad (13)$$



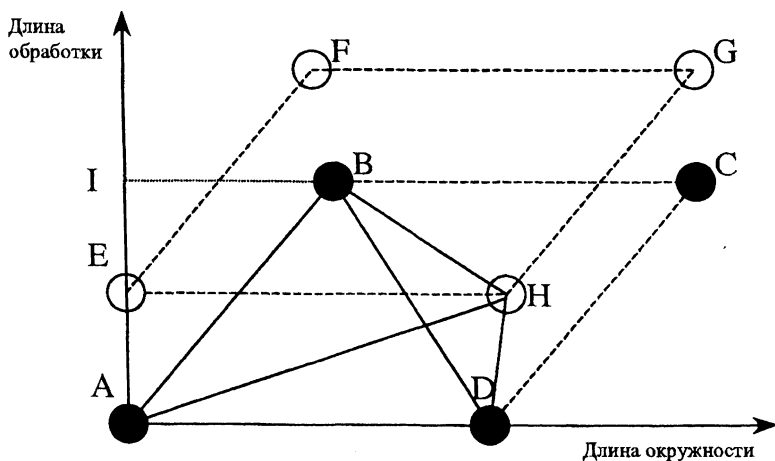


Рис. 2. Схема расположения следов деформирующих элементов

Если эти формулы связать с размером следа от деформирующего элемента, можно получить условия, при которых обеспечивается обработка всей площади поверхности заготовки этими следами.

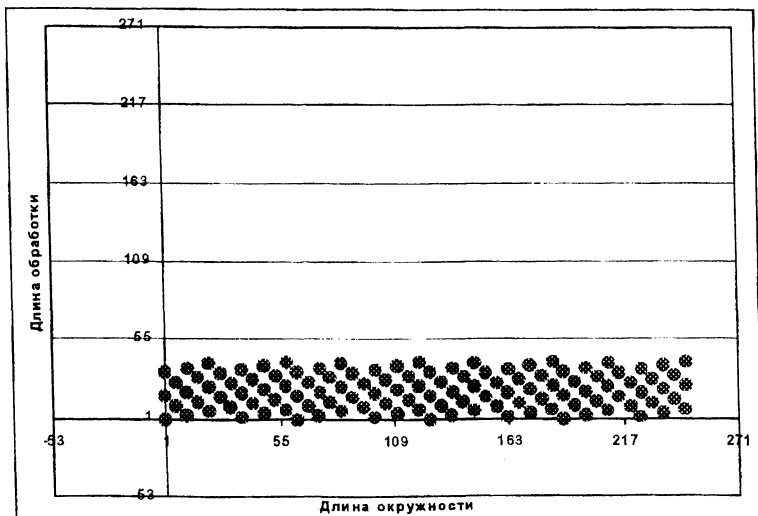


Рис. 3. Развертка обработанной поверхности заготовки

Так, на рис. 3 показаны результаты моделирования для следующих условий:

- частота вращения заготовки  $n_0 = 400$  об/мин;
- передаточное отношение редуцирующего узла  $U = 2,167$ ;
- число периодов опорного элемента  $N_p = 4$ ;
- подача инструмента на оборот  $S_0 = 5$  мм/об;
- диаметр обрабатываемой заготовки  $D = 80$  мм.

Следует заметить, что для данного рисунка подача инструмента на оборот специально существенно завышена. Это сделано для того, чтобы можно было проследить взаимное расположение следов. Для реальных режимов обработки эти следы слились бы в сплошную область.

Из рисунка видно, что за один рабочий ход инструмента невозможно обработать всю поверхность, если только размеры следов деформирующих элементов не будут достаточно велики. В противном случае обработать поверхность можно за несколько рабочих ходов инструмента. Количество этих рабочих ходов может быть определено на основе вероятностного подхода.

Разработанная математическая модель позволяет исследовать влияние конструктивных особенностей инструмента и режимов обработки на геометрическую картину следов деформирующих элементов. Анализ этой картины позволяет разрабатывать оптимальные конструкции инструментов, а также решать задачу оптимизации процесса инерционно-импульсной обработки.

УДК 658.51:621.81

Н.В. Беляков

## МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ВНУТРИ ЭТАПОВ ТИПОВОЙ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Республика Беларусь*

Одним из направлений развития процесса технологической подготовки машиностроительного производства Республики Беларусь в условиях рыночных отношений и растущей конкуренции является автоматизация проектирования изделий и технологических процессов их изготовления. Однако, несмотря на многочисленные исследования в области формализации проектирования технологических процессов механической обработки заготовок и созданию тео-

ретических основ функционирования САПР ТП, в настоящее время методика и формальные процедуры проектирования индивидуальных технологических процессов корпусных деталей методом синтеза (включает такие трудноформализуемые разделы, как назначение схем базирования, схем установки, выбор маршрута и основных технологических операций, выбор условий обеспечения заданной точности обработки и др.) разработаны не до конца. Принятие проектных решений часто основывается на опыте и интуиции проектировщика. Поэтому для деталей данного класса нет работоспособных САПР ТП, позволяющих выполнять указанные процедуры в автоматическом режиме.

Вследствие этого разработка теоретических основ и методик синтеза проектных решений является актуальной задачей, решение которой даст возможность повысить производительность труда в сфере подготовки производства корпусных деталей машин, а также повысить качество проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей.

Информационно-технологическая модель детали и заготовки на этапах обработки предлагается формировать с помощью комплексных функциональных модулей (ФМ) и технологических регламентов их обработки [1].

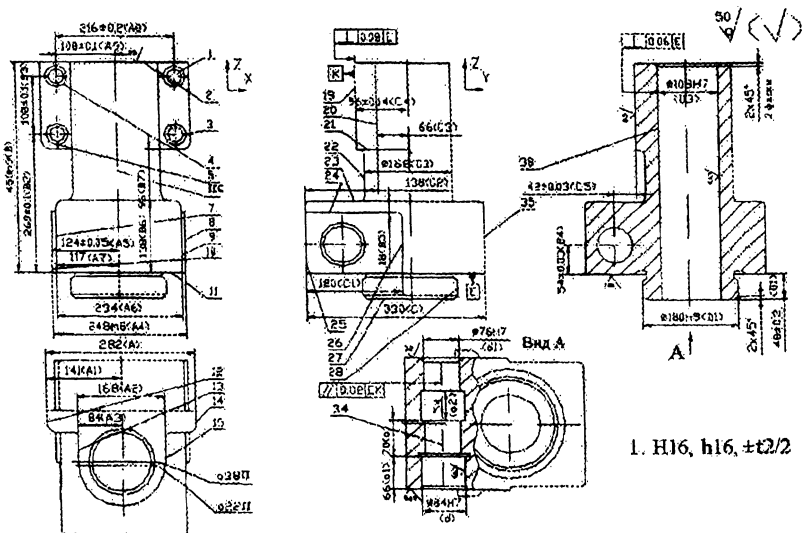


Рис. 1. Эскиз детали с нумерацией поверхностей и обозначением кодов размеров

Для иллюстрации методики на рис. 1 представлен эскиз корпусной детали, с нумерацией поверхностей и буквенным обозначением размеров. Де-

таль состоит из четырех функциональных модулей, образующих основную и вспомогательные сборочные базы, одного крепежного модуля и ряда объединительных модулей. Используя схемы снятия припуска и технологические регламенты обработки ФМ, можно получить модели ФМ на разных этапах обработки, а также список переходов обработки ФМ (в зависимости от заданных параметров точности и шероховатости), которые необходимо выполнить внутри этапов. Назначение маршрута обработки ФМ может также осуществляться с помощью синтеза возможных вариантов на основе моделирования состояния показателей качества поверхностей на этапах [2].

Распределение переходов по этапам типовой схемы обработки (соответствующий код технологического регламента), является первым шагом их упорядочения во времени.

Далее при ручном проектировании технологии с помощью формальной методики необходимо:

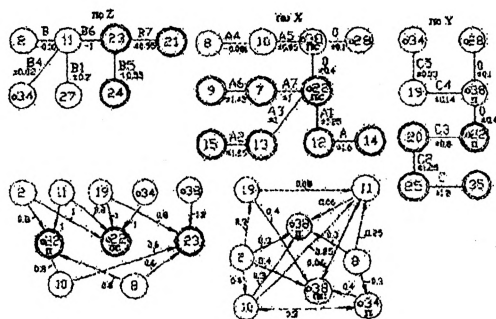
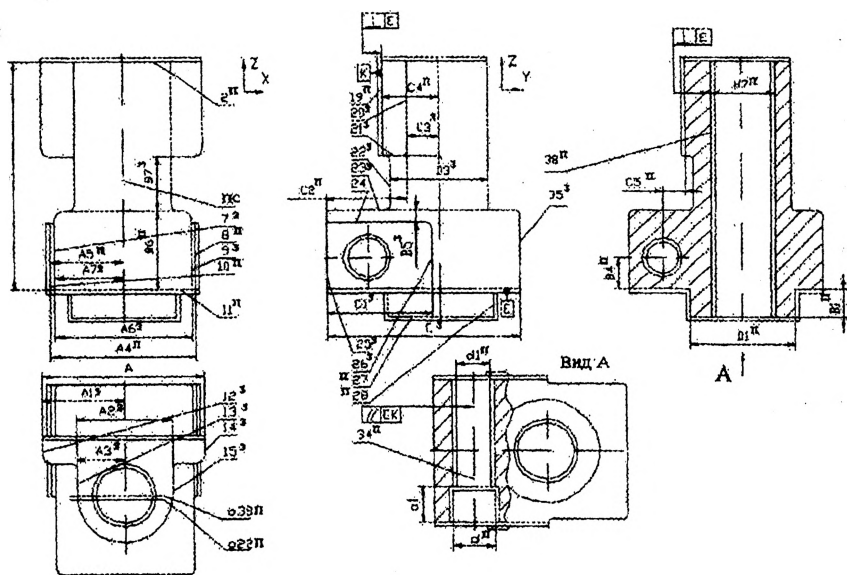
**1. Для каждого этапа механической обработки построить модель заготовки**, на которой будут выделены все обрабатываемые поверхности этапа, обозначены припуски на механическую обработку и перенесены размерные связи и допуски относительных поворотов с чертежа детали. Такой подход необходим для того, чтобы уменьшить число звеньев технологических размерных цепей.

**2. Сформировать графы размерных связей и графы угловых расположений** обрабатываемых поверхностей по отношению к обрабатываемым поверхностям и угловых расположений обрабатываемых поверхностей по отношению к необрабатываемым для каждого этапа. Графы строятся по разработанным формальным правилам в зависимости от типа поверхностей, их характера (скрытая, явная), взаимной ориентации (симметричность, соосность, расположение под углом), а также с учетом ряда ограничений по возможности совместной обработки.

На рис. 2 приведена модель заготовки на предварительном этапе, графы размерных связей и угловых расположений поверхностей внутри этапов типовой схемы обработки. Индексы в буквенных обозначениях соответствуют: з- заготовка, п- предварительный этап, ч- чистовой, о- отделочный.

На графах двойной окружностью обозначаются необрабатываемые (исходные) поверхности этапа. Для отверстий и наружных цилиндрических поверхностей на графе отмечены только их оси, так как именно они участвуют в образовании комплектов технологических баз.

**3. Определить всевозможные комплекты проектных операционных технологических баз (ТБ) этапа.** Эти комплекты определяются с помощью совместного анализа указанных выше графов размерных связей и угловых расположений поверхностей.



| 2  | 10   | 8   | 11-028-27   | 19   | 038-2  | 034-8-10   |
|--|--|---|---|--|--|--|
| 11 022 <sub>nc</sub> 022 <sub>n</sub><br>11 038 <sub>nc</sub> 038 <sub>n</sub><br>11 19 10 | 8 23 022 <sub>n</sub><br>038 <sub>nc</sub> 23 022 <sub>n</sub><br>8 11 038 <sub>n</sub><br>8 034 034 <sub>n</sub><br>038 <sub>nc</sub> 038 <sub>n</sub> 11 | 10 23 022 <sub>n</sub><br>10 11 038 <sub>n</sub><br>10 034 034 <sub>n</sub> | 23 022 <sub>nc</sub> 022 <sub>n</sub><br>23 038 <sub>nc</sub> 038 <sub>n</sub><br>2 022 <sub>nc</sub> 022 <sub>n</sub><br>2 038 <sub>nc</sub> 038 <sub>n</sub><br>034 022 <sub>nc</sub> 022 <sub>n</sub><br>034 19 038 <sub>n</sub> | 038 <sub>n</sub> 022 <sub>nc</sub> 23<br>038 <sub>nc</sub> 038 <sub>n</sub> 11<br>034 022 <sub>nc</sub> 23<br>034 038 <sub>nc</sub> 11 | 022 <sub>nc</sub> 022 <sub>n</sub> 23<br>022 <sub>nc</sub> 022 <sub>n</sub> 11<br>10 022 <sub>n</sub> 23<br>022 <sub>nc</sub> 19 23<br>10 19 23<br>10 19 11<br>028 028 <sub>n</sub> 11 | 11 19 022 <sub>nc</sub><br>11 19 038 <sub>nc</sub><br>11 19 10 |

Рис. 2. Модель заготовки, соответствующие графы и таблица комплектов баз на предварительном этапе

Таблицы комплектов формируются следующим образом. Номер обрабатываемой поверхности (главной плоскости или оси обрабатываемой поверхности ФМ) отыскивается на графе размерных связей (по одной оси для плоской поверхности, по двум осям для оси). Для облегчения восприятия информации на рис. 2 индексы з и п в графах и таблицах комплектов не указаны, однако при автоматизации процедуры их необходимо учитывать.

Определяются связи обрабатываемой поверхности с другими ближайшими поверхностями на графах размерных связей, которые назначаются технологической базой. Для плоских поверхностей при помощи графов угловых расположений комплект ТБ дополняется двумя поверхностями, для оси одной.

Так, например, для плоскости 2 предварительного этапа с помощью графов размерных связей по осям базой назначается поверхность 11 и дополняем ее до комплекта с помощью графа обрабатываемых поверхностей к необрабатываемым поверхностям поверхностями  $022_{nc}$   $022_n$ , а с помощью графа обрабатываемых поверхностей к обрабатываемым поверхностям поверхностями  $038_{nc}$   $038_n$  и 19 10.

Все возможные варианты комплектов для обработки всех поверхностей заносятся в таблицу комплектов ТБ.

**4. Для первой операции этапа определить исходные ТБ.** Для решения задачи равномерности снятия припуска в качестве комплекта баз на первой операции этапа принимаются именно те поверхности, на которых необходимо обеспечить равномерное распределение припуска.

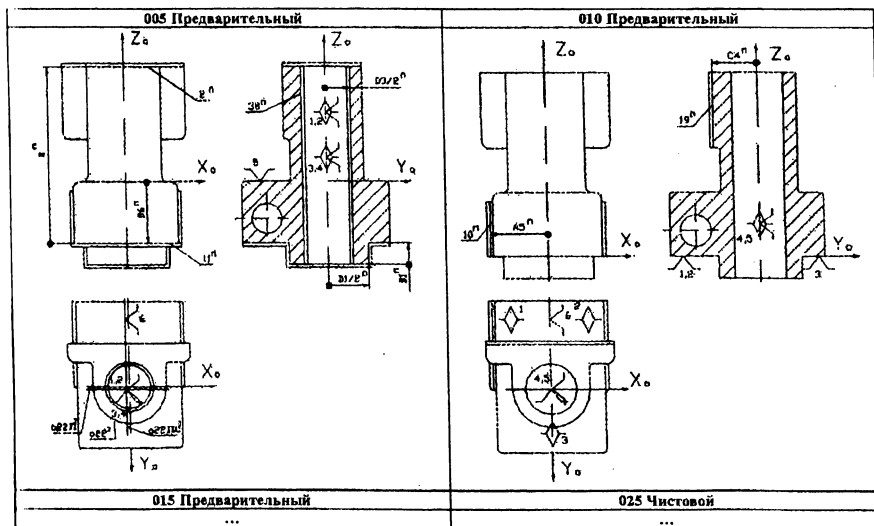
Для решения задачи обеспечения относительного расположения обрабатываемых и исходных поверхностей этапа комплект ТБ на первой операции этапа должен состоять из поверхностей, обработанных на предыдущем этапе (или необрабатываемых вовсе для первой операции обработки) и необрабатываемых на данном этапе (исходные поверхности этапа). Таким образом, в столбцах таблиц комплектов необходимо отыскивать одинаковые комплекты, состоящие из исходных поверхностей этапов, для обработки наибольшего числа поверхностей и проверить возможность обработки этих поверхностей за один установ на технологическом оборудовании. Пусть, для примера, проектируется операция для условий серийного производства с условием максимальной концентрации переходов. (Имеются широкоуниверсальные фрезерно-сверлильно-расточные станки с ЧПУ оснащенные поворотными столами). Тогда (например, на предварительном этапе) имеется возможность за один установ от комплекта баз  $23$   $022_{nc}$   $022_n$  обработать одновременно поверхности  $038$   $2$   $11$   $028$ .

Если исходных поверхностей нет, то в комплект баз на первой операции этапа выбираются поверхности, от которых можно получить базы для обработки большего числа других поверхностей. От исходного комплекта также необходимо стремиться обрабатывать главную поверхность ФМ образующую основную сборочную базу. При синтезе порядка обработки необходимо выделять поверхности, которые можно обработать от настроечных баз. Разработан алгоритм их определения.

**5. Определить базы для обработки других поверхностей.** Для этого в столбцах таблиц отыскиваются одинаковые комплекты, состоящие из поверхностей, обработанных от исходных ТБ. От этих комплектов также обрабатываются соответствующие поверхности. Например, для предварительного этапа от комплекта 11  $o38_{nc}$   $o38_n$  можно обработать поверхности 19 и 10. И так далее пока не будут отобраны комплекты для обработки всех остальных поверхностей. Так для предварительного этапа от комплекта  $o22_{nc}$   $o22_n$  23 можно обработать поверхности 11,  $o28$ ,  $o27$ ,  $o38$ , 2. От комплекта 11  $o38_{nc}$   $o38_n$  поверхности 10, 19. От комплекта 10 19 11 поверхности  $o34$ , 8. Возможны и другие варианты, однако, окончательный выбор маршрута осуществляется на стадии выбора оборудования.

Таблица 1

Теоретические схемы базирования заготовки



**б. Определяется число связей, накладываемых компонентом комплекта.** Для поверхностей 10 и 19 обрабатываемых на предварительном этапе комплектом баз является две плоскости и ось лежащая в одной из этих плоскостей (комплект №2 [3]). Допуск перпендикулярности поверхности 19 относительно 11 — 0.08 на длине 216 мм., а 19 относительно  $\phi 38_{\text{nc}}$  — 0.4 на длине 282 мм., и допуск параллельности 19 относительно  $\phi 38_{\text{п}}$  —  $\pm 0.14$  на длине 216мм. Допуск перпендикулярности поверхности 10 относительно 11 — 0.25 на длине 120, а 10 относительно  $\phi 38_{\text{п}}$  — 0.3 на длине 180, и допуск параллельности 10 относительно  $\phi 38_{\text{nc}}$  —  $\pm 0.05$  на длине 120. Если привести указанные допуски в заданном координатном направлении к одной длине, то получаем: 11 — установочная база,  $\phi 38$  — двойная опорная, а  $\phi 38_{\text{nc}}$  — опорная [3].

В табл. 1 представлена часть варианта технологического процесса для детали с указанием теоретических схем базирования, спроектированного с помощью рассмотренной методики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Проблема сбережения ресурсов на стадии проектирования технологии изготовления корпусных деталей машин / / Ресурсо- и энергосберегающие технологии промышленного производства. Материалы международной научно-технической конференции. Ноябрь 2003г. Часть I. / УО «ВГТУ». — Витебск, 2003. — С. 38–45.
2. Беляков Н.В. Алгоритм формирования маршрута обработки типовых компонентов деталей машин // Молодежь и наука на пороге 3 тысячелетия. Мозырь: МГПИ им. Н.К. Крупской, 2001. — С. 5–9.
3. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Методика разработки схем базирования // Вестник Витебского государственного технологического университета. Четвертый выпуск / УО «ВГТУ». — Витебск, 2002. — С. 38–43.



## ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ

*Полоцкий государственный университет  
Новополоцк, Беларусь*

Качественные и количественные характеристики способа формообразующей обработки резанием определяются в первую очередь структурой способа, совершенством его структурных компонентов [1]. Это выражается в том, что эффективность способа в значительной мере зависит от метода формообразования поверхности, параметры которого могут быть стабильными или переменными в процессе обработки. Управление ими представляет перспективное направление в технологии механической обработки [2, 3]. Данное обстоятельство обуславливает необходимость разработки универсальных методов управления формообразованием как основы синтеза эффективных схем обработки различных поверхностей резанием и реализующих их исполнительных систем при функциональном проектировании станочного оборудования. Применительно к формообразующей обработке управление следует рассматривать как процесс преобразования и передачи информации в соответствии с основной функцией формообразования [4].

Исходя из известных воззрений [5-7], способ обработки резанием является техническим системным объектом, который имеет определенную структуру. В способе обработки выделяются, как основные, следующие структурные компоненты [7]: схема формообразования поверхности; метод обработки, определяемый совокупностью физических, химических и иных процессов, связанных с удалением материала резанием, его поверхностно-пластическим или объемным деформированием; потоки материалов, энергии и информации, осуществляемые посредством формообразующей системы.

При таком представлении способ обработки может рассматриваться как технология формообразования, под которой понимается совокупность метода обработки и реализующего его оборудования [4].

Возможные способы обработки заданной поверхности могут различаться всеми или отдельными структурными компонентами. Например, при нарезании резьбы резцом в зависимости от распределения между инструментом и заготовкой элементарных движений, создающих исполнительное винтовое движение, возможны четыре способа формообразования. Данное обстоятельство с учетом разнообразных по форме обрабатываемых поверхностей обуславливает многооб-

разие возможных способов обработки. Отсюда следует необходимость их исследования и сопоставительного анализа при синтезе или выборе рациональных.

Целенаправленное изменение (управление) любых из входящих в указанные компоненты признаков обуславливает иные технико-экономические показатели способа обработки. Таким образом, способ формообразующей обработки резанием является управляемым системным объектом, т.е. его выходные параметры могут целенаправленно изменяться. Способ (схема) формообразования как структурная часть способа обработки также представляет собой структурный системный объект. Отсюда следует вывод об управляемости формообразования и о возможности использования в способе обработки резанием системы управления формообразованием.

Задачи управления формообразованием могут быть различными в зависимости от технологических потребностей производства. Как показывает анализ известных способов обработки резанием, *основной целью управления формообразованием* является повышение его эффективности, в частности, улучшение качественных и количественных показателей: повышение универсальности; минимизация и стабилизация погрешностей макро- и микрогеометрии обработанной поверхности; повышение производительности; стабилизация параметров схемы формообразования и процесса резания и др.

Управление формообразованием, как процесс преобразования и передачи информации, целесообразно рассматривать с двух точек зрения: во-первых, как информационный процесс на этапе проектирования (по схеме “чертеж - деталь” [4]), во-вторых, как непосредственное изменение параметров обработки. Таким образом, можно выделить две разновидности управления формообразованием: *проектировочное* и *технологическое*. Соответственно объектами анализа являются проектировочная и технологическая системы управления.

При анализе системы *проектировочного* управления формообразованием следует иметь в виду то, что она будет выполнять свою функцию лишь при наличии управляемых адаптивных процессов выбора и разработки способов (схем) формообразования. В противном случае она представляет собой систему управляемого выбора, что характерно для современного уровня развития большинства отраслей машиностроения.

Проектировочная система управления предполагает наличие сквозной системы автоматизированного проектирования и производства, включающей в себя автоматизированные системы научных исследований, автоматизированного проектирования, технологической подготовки производства и управления технологическими процессами.

В обеспечении технического прогресса системы проектировочного управления являются перспективными, особенно при использовании для обра-

платки резанием современных гибких производственных модулей и гибких производственных систем, позволяющих оперативно реализовать различные схемы управления процессами формообразующей обработки, в частности, благодаря применению мехатронных исполнительных систем.

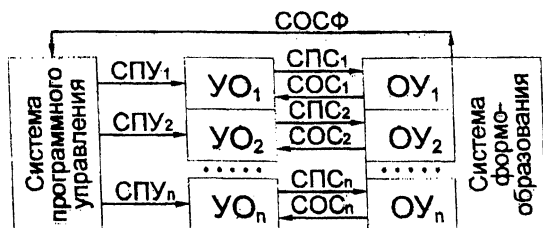
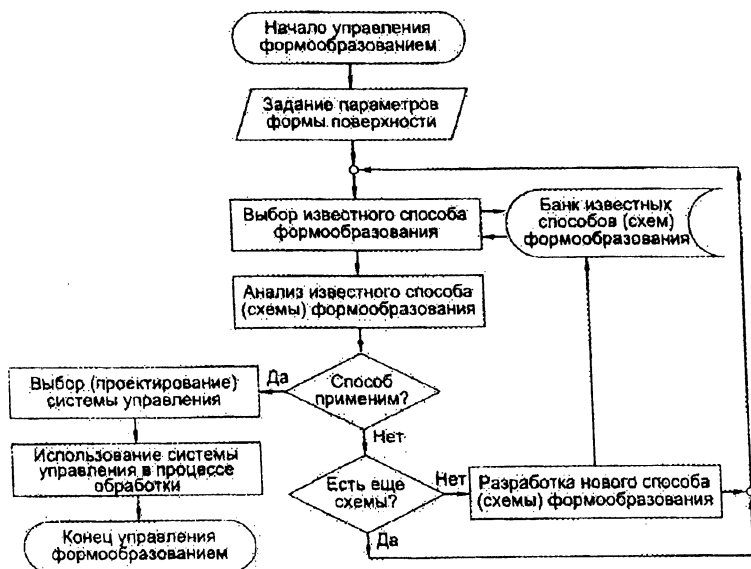


Рис. 1. Блок-схема технологического управления формообразованием:

$УО_{1...n}$  — управляющий орган системы управления;

$ОУ_{1...n}$  — объект управления системы формообразования;

$СПС_{1...n}$   $СОС_{1...n}$  — сигналы прямой и обратной связи соответственно

Методы технологического управления формообразованием, т.е. управления непосредственно в процессе обработки резанием, являются объектом анализа в проведенных нами исследованиях. Определяя управление как информационный процесс, можно представить систему технологического управления формообразованием в виде следующей схемы (рис.1).

Первичной задачей разработки управления формообразованием является выявление управляемых объектов системы (способа) формообразования. Анализ известных способов формообразующей обработки резанием и системных моделей позволил выявить ряд основных групп объектов управления в системах формообразования, которые представлены на рис.2. Данная модель развивается, т.е. может быть раскрыта более подробно при соответствующей детализации управляемых компонентов системы формообразования.

Анализ системы формообразования, как управляемой подсистемы способа обработки резанием, выявление ее управляемых компонентов, а также рассмотрение известных способов регулирования процессами резания позволили выделить четыре обобщенных группы методов управления формообразованием: *геометрические, кинематические, цикловые и комбинированные.*

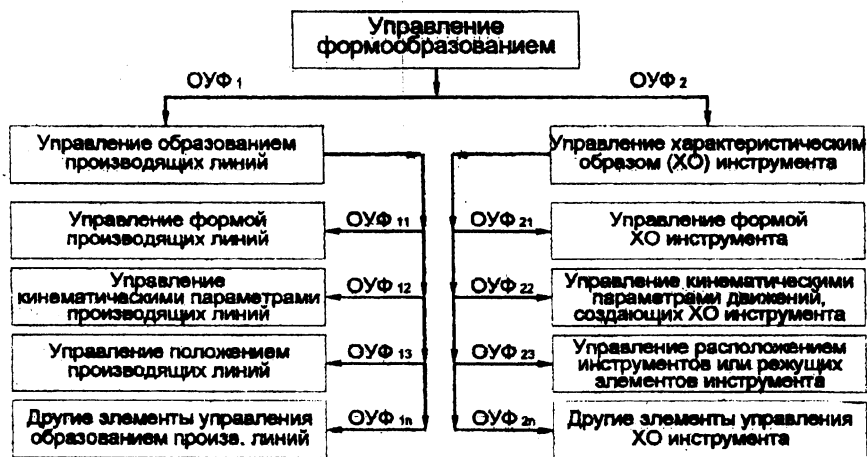


Рис.2. Управляемые объекты системы формообразования

Каждый из указанных методов направлен на достижение определенной цели управления за счет изменения параметров способа обработки в цикле формообразования. Геометрические и кинематические методы управления служат соответственно для изменения геометрических и кинематических

параметров, а цикловые методы обеспечивают рациональную организацию цикла обработки за счет управления взаимосвязями компонентов способа формообразования, например, совмещение в одном цикле процессов частичного и полного формообразования. Геометрические, кинематические и цикловые методы управления могут использоваться также комбинированно, в различных сочетаниях.

Суть *геометрических методов управления* формообразованием состоит в закономерном изменении параметров образуемых производящих линий и характеристического образа инструмента с целью повышения эффективности формообразования. При таком управлении программно изменяются следующие геометрические характеристики: форма, размеры, границы, взаиморасположение и др. Наиболее эффективны геометрические методы для управления характеристическим образом инструмента, форма которого является одним из существенных признаков метода формообразования поверхности [2]. В частности, к геометрическим методам управления относятся: трансформация характеристического образа инструмента; изменение ориентации инструмента относительно направления исполнительного движения и др.

Суть *кинематических методов управления* формообразованием состоит в закономерном изменении кинематических параметров образования производящих линий и характеристического образа инструмента с целью повышения эффективности формообразования. При таком управлении программно могут изменяться следующие параметры движения: траектория, исходная точка, скорость, направление, путь. Наиболее универсальным из кинематических методов является изменение параметров движений исполнительных органов станка, а также сообщение дополнительных перемещений инструменту или его производящим элементам для управления траекторией движения или создания рациональной формы характеристического образа инструмента.

*Цикловые методы управления* формообразованием относятся к организации в пространстве и времени цикла обработки поверхности. В соответствии со структурной моделью [1] это связано с заданием положения производящих линий на формируемой поверхности, количества и расположения инструментов, последовательностью их работы — совмещенная или разделенная во времени. В частности, эффективными цикловыми методами управления являются совмещение процессов частичного и полного формообразования и многократное профилирование в одном цикле обработки поверхности, которые положены в основу ряда прогрессивных способов обработки сложных поверхностей [7].

## Выводы

1. Структура способа формообразующей обработки и его основных компонентов позволяют рассматривать их как системные объекты, управление которыми обеспечивает повышение уровня технологий формообразования.
2. Управление способами формообразования возможно в рамках проектно-технологических и технологических систем геометрическими, кинематическими, цикловыми и комбинированными методами в соответствии с целями управления.
3. Выявленные в результате анализа методы управления формообразованием имеют универсальный характер и представляют эффективный инструмент синтеза рациональных схем обработки при функциональном проектировании станочного оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов В.А. Общие принципы синтеза рациональных технологий формообразования сложных поверхностей резанием // Мир технологий: Междун. научно-практич. журнал. – 2003. – №1. – С.61–71.
2. Филонов И.П., Климович Ф.Ф., Козерук А.С. Управление формообразованием прецизионных поверхностей деталей машин и приборов. – Мн.: Дизайн ПРО. – 1995. – 208 с.
3. Маляренко А.Д., Филонов И.П. Технологические основы управляемого формообразования. – Мн.: ВУЗ-ЮНИТИ БГПА, 1999. – 212 с.
4. Смирнов А.И. Анализ перспектив развития методов формообразования в машиностроении. – М.: НИИМаш, 1982. – 49 с.
5. Подураев В.Н. Технология физико-механических методов обработки. – М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.
6. Данилов В.А., Терентьев В.А. Системная модель способа зубообработки как средство его интенсификации на этапе синтеза // Машиностроение: Сб. научн. тр. Вып.16; под ред. И.П. Филонова. – Мн.: УП «Технопринт», 2000. – С.115-120.
7. Данилов В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием. – Мн.: Наука и техника, 1995. – 264 с.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

*Полоцкий государственный университет  
Новополоцк, Беларусь*

Современное производство характеризуется повышением сложности продукции и ростом требований к ее качеству, при этом расширяется номенклатура и сокращаются сроки обновления выпускаемых изделий. В результате неотъемлемой частью производственного процесса является система технического контроля (ТК) (объекты контроля, контрольные операции и их последовательность, техническое оснащение, режимы, методы, средства механизации и автоматизации контрольных операций).

Потери при проектировании и проведении операций контроля обуславливаются различными причинами [1]: неправильным назначением средств контроля (СК) по погрешности измерения, отсутствием методов экономического обоснования и оптимизации ТК на этапе технологического проектирования, низким уровнем автоматизации решения задач при проектировании ТК и др. Поэтому проблема снижения затрат на ТК посредством информатизации метрологического обеспечения весьма актуальна. Информационная система метрологического обеспечения должна быть реализована как специализированное автоматизированное рабочее место (САРМ) и организационно, методически, информационно интегрироваться в комплексную систему автоматизации (ИСА) предприятия.

В настоящее время на смену традиционной технологической подготовке контроля с ее эмпиризмом и слабым привлечением теоретических положений, приводящих к увеличению трудоемкости и длительности разработок процессов контроля, приходит подготовка контроля в рамках системы менеджмента качества предприятия [2].

Выбор СК основывается на обеспечении заданных показателей процесса ТК и анализе затрат на реализацию процесса контроля. При выборе средств измерений руководствуются следующими принципиальными соображениями: обеспечивая заданную точность, в целях нахождения размеров детали в установленных допуском границах выбранное средство должно обладать высокой производительностью, простотой и не вызывать значительного удо-

рождения продукции, т.е. обеспечивать экономическую целесообразность его применения. Выбор СК геометрических параметров деталей зависит от характеристик объектов и средств ТК, а также требований, предъявляемых к технологическому процессу изготовления.

Алгоритм выбора СК составлен так, что технолог или метролог при последовательной разработке технологии контроля выбирает для каждого конкретного параметра необходимые СК или обосновывает необходимость проектирования новых СК. Алгоритм ограничивает номенклатуру выбора СК от процедуры к процедуре. Выбор СК завершается нахождением одного конкретного СК для каждого контролируемого параметра в тех случаях, когда оптимизацию процесса ТК не проводят, или нескольких СК для каждого контролируемого параметра при проведении оптимизации процесса ТК. Окончательное решение об одном СК для каждого контролируемого параметра принимается после комплексного технико-экономического обоснования процесса ТК.

Алгоритм выбора СК составлен из блоков (этапов). Процедуры, отнесенные к одному блоку, выполняются по определенным правилам.

Выбор СК по конфигурации и габаритам детали представляет собой сложную многовариантную задачу. При этом, необходимость решения данной задачи возникает на различных этапах технологической подготовки производства (ТПП), в том числе и при метрологическом обеспечении производства. Способ выполнения данной работы определяется видом изделия. Выбор оптимального СК по конфигурации изделия должен проводиться по комплексным оценкам, которые учитывают затраты и трудоемкость выполнения операций на этапах ТПП. При выборе СК формируется комплект измерительных приборов. Расчет экономически целесообразного варианта СК подразумевает выбор оптимального комплекта измерительных приборов, для которого стоимость измерительной аппаратуры минимальна и суммарная достоверность контроля не превосходит заданной величины  $Q$ .

Контроль работоспособности системы производится путем проверки  $n$  параметров. Для проверки этих параметров могут быть использованы  $m$  измерительных приборов. Задана стоимость  $i$ -го измерительного прибора  $c_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) и матрица  $\|x_{ij}\|$  ( $x_{ij} = 1$ , если возможен контроль  $j$ -го параметра  $i$ -м измерительным прибором,  $x_{ij} = 0$  в противном случае). Для оценки достоверности контроля  $j$ -го параметра  $i$ -м прибором используется величина  $q_{ij} = \alpha_{ij} + \beta_{ij}$  ( $\alpha_{ij}$  — вероятность ложного забракования,  $\beta_{ij}$  — вероятность ложного пропуса).

Данная задача может быть сформулирована следующим образом [3]. Требуется определить



$$C = \min \sum_{i=1}^m c_i y_i, \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$z_{ij} \leq x_{ij} y_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m q_{ij} z_{ij} \leq Q, \quad y_i \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (4)$$

Здесь

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если возможен контроль } j\text{-го параметра } i\text{-м прибором,} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й прибор включён в комплект,} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й параметр контролируется } i\text{-м прибором,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Вероятность ложного забракования  $\alpha_{ij}$  (число деталей от общего количества, имеющих размеры, не превышающие предельные, но забракованных) и вероятность ложного пропуска  $\beta_{ij}$  (число деталей от общего количества, имеющих размеры, превышающие предельные, и принятых в числе годных) определяют по табл. 1 [4] в зависимости от качества точности и значения  $A_{мет}(\sigma)$ :

$$A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma}{IT} \cdot 100,$$

где  $\sigma$  — среднее квадратичное отклонение погрешности измерения;  $IT$  — допуск контролируемого размера.

Рассмотрим алгоритм решения задачи (1) — (4). Предварительно введем следующие обозначения:  $U$  — множество всех измерительных приборов;  $S$  — множество приборов, не включенных в комплект;  $E_i$  — множество приборов, входящих в комплект, исключение которых из комплекта приведет к нарушению условия (4);  $G_i = U \setminus (S \cup E_i)$  — множество приборов, входящих в комплект, для которых возможно их исключение из комплекта. С учетом введенных обозначений выражение (1) можно представить в следующем виде:

$$C = \min \left( \sum_{i=1}^m c_i - \sum_{i=1}^m c_i \bar{y}_i \right) = \sum_{i=1}^m c_i - \max \sum_{i=1}^m c_i \bar{y}_i, \bar{y}_i = 1 - y_i, i = 1, \dots, m.$$

Таблица 1

Определение характеристик  $\alpha_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$  в зависимости от качества точности и  $A_{мет}(\sigma)$

| Квалитет точности | $A_{мет}(\sigma)$ , % | $\alpha_{ij}$ , % | $\beta_{ij}$ , % |
|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------|
| 2 + 7             | 16                    | 7,8 + 8,25        | 5,0 + 5,4        |
| 8, 9              | 12                    | 5,4 + 5,8         | 3,75 + 4,1       |
| 10 + 17           | 10                    | 4,5 + 4,75        | 3,1 + 3,5        |

Данный алгоритм позволяет найти множество приборов  $S$ , которому соответствует максимальная стоимость и при котором обеспечивается выполнение ограничений (2) – (4). Обозначим

$$q_{kj} = \min_{i \in U \setminus S} q_{ij}, q_{ij} = \min_{i \in U \setminus S} q_{ij}, j = 1, \dots, n,$$

$$\Delta q_{kj} = q_{lj} - q_{kj}, q_k = \sum_{j=1}^n q_{kj}, \Delta q_k = \sum_{j=1}^n \Delta q_{kj}, k = 1, \dots, m,$$

$$Q_s = \sum_{k=1}^m q_k, \Delta Q_s = Q - Q_s.$$

Допустим, что множество  $S$  сформировано таким образом, что выполняется условие  $Q_s < Q$ . Определим верхнюю границу стоимости приборов, вошедших в множество  $S$ :

$$C_s = C_s^0 + C_s', \quad (5)$$

где

$$C_s^0 = \sum_{i \in S} c_i, C_s' = \max \sum_{k \in G_s} c_k \bar{y}_k, \quad (6)$$

при условии

$$\sum_{k \in G_s} \Delta q_k \bar{y}_k \leq \Delta Q_s, \bar{y}_k \in \{0; 1\}, k = 1, \dots, m. \quad (7)$$

Процесс формирования множества  $S$  начинается с  $S = \emptyset$ , т.е. в исходный комплект включаются все возможные приборы. В множество  $E_s$  включаются приборы, для которых выполняется неравенство  $\Delta q_k > \Delta Q_s$ , ( $k = 1, \dots, m$ ).

Сформировав  $E_r$ , определяем  $G_r = U \setminus (S \cup E_r)$  и выбираем  $r$ -й прибор для включения в множество  $S$  с помощью условия

$$h_r = \max_{k \in G_r} h_k, h_k = c_k / \Delta q_k. \quad (8)$$

Вводим  $r$ -й прибор в множество  $S$  и перерасчитываем величины  $\Delta q_k$ ,  $k \in U \setminus S$  и  $Q$ . Вновь сформировав множества  $E_r$  и  $G_r$ , выбираем с помощью условия (8) прибор для включения в множество  $S$ . Аналогичным образом формируется множество  $S$  на всех последующих этапах.

Процесс формирования множества  $S$  заканчивается при условии  $G_r = \emptyset$ , т.е. когда нет ни одного прибора, который можно было исключить из комплекта без нарушения ограничения (4). В этом случае значение  $C_r = C_r^0$  принимаем в качестве первого допустимого решения  $C^0$ . Исключаем из множества  $S$   $r$ -й прибор, включенный на последнем шаге ( $y_r = 0$ ). Решая задачу (6), (7), рассчитываем верхнюю границу целевой функции (5) и проверяем неравенство

$$C_r > C^0. \quad (9)$$

Если неравенство не выполняется, то выводим из множества  $S$  очередной прибор, включаем его в множество  $E_r$  и вновь проверяем условие (9). Если неравенство (9) выполняется, то с помощью условия (8) выбираем новый прибор для включения в множество  $S$ , вводим его в множество  $S$ , рассчитываем верхнюю границу целевой функции (5) и вновь проверяем неравенство (9). Если в процессе решения окажется, что неравенство (9) выполняется и  $G_r = \emptyset$ , то полученное значение  $C_r$  принимается в качестве нового значения допустимого решения  $C^0$ . Аналогичным образом вычислительный процесс продолжается до тех пор, пока не будет выполняться неравенство (9) при  $S = \emptyset$ . В этом случае последнее приближенное решение  $C^0$  и соответствующее ему множество  $S^0$  обеспечивают оптимальное решение задачи.

В результате предложенный алгоритм обеспечивает выбор СК в зависимости от характеристик объектов и средств ТК, а также требований, предъявляемых к технологическому процессу изготовления; основывается на обеспечении заданных показателей процесса ТК и анализе затрат на реализацию процесса контроля. При выборе СК достигается требуемая точность и экономичность производства, при которой предпочтение отдается более дешевым средствам.

Таким образом разрабатывается маршрут контроля и его объем, содержание и описание операций и СК на основе первичных сведений об объекте контроля, условиях производства и характеристиках технологических операций обработки [5].

Разработка информационной системы метрологического обеспечения технологической подготовки производства и проектирования контрольных операций «ИСМО ТПП» проведена в инструментальной системе программирования Delphi 6.0, располагающей широкими возможностями по созданию интегрированных прикладных систем, работающих под управлением операционной системы Windows, генерации удобных пользовательских и функциональных интерфейсов и приложений баз данных. «ИСМО ТПП» может быть использована в различных системах автоматизированного проектирования в качестве внедренного OLE-объекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика / Под общ. ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова, – М.: Машиностроение, 1987. – 512 с.
2. Статистический анализ конструктивных элементов и технологических параметров деталей / М.Л. Хейфец, В.С. Точило, В.Н. Семенов, С.В. Кухта, Л.Н. Косяк. – Новополоцк: ПГУ, 2001. – 112 с.
3. Алексеев О.Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации. – М.: Наука, 1987. – 248 с.
4. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / И.И. Балонкина, А.К. Кутай, Б.М. Сорочкин, Б.А. Тайц; Под общ. ред. А.К. Кутая, Б.М. Сорочкина. – Л.: Машиностроение, 1983. – 368 с.
5. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / Под общей ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.

УДК 553.8

В.П. Луговой

### **ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Особенностью механической обработки ювелирных камней является применение преимущественно абразивных методов обработки как единственного способа удаления припуска с поверхности хрупких материалов. При этом методы обработки со связанным абразивом являются более предпочтительными по сравнению с методами обработки со свободным абразивом как

более производительные для быстрого достижения требуемой формы и точности размеров. Процессы шлифования конструкционных материалов, и в частности — металлов, изучены в должной мере. Они позволяют использовать существующие в справочной литературе нормативные рекомендации по назначению режимов резания, выбору зернистости абразивного инструмента для достижения требуемого качества поверхностного слоя материала. Ювелирные камни являются менее изученными с точки зрения их обрабатываемости в силу меньшей применимости в отраслях народного хозяйства. К этому следует добавить наличие анизотропных свойств камней, различие в их химическом составе; теплофизические свойства, отличающиеся от свойств конструкционных материалов; хрупкость и прочие физико-механические свойства. К этой группе можно отнести искусственные камни, стекло, керамику и ряд других спеченных хрупких и твердых материалов, близких по своим свойствам к свойствам натуральных камней. С возрастанием числа таких неметаллических материалов, которые уже находят и будут в дальнейшем все в большей мере находить применение в технике, возникает проблема рационального выбора режимов резания и назначению оптимального маршрута обработки. Вместе с тем следует отметить, что ряд подобных хрупких материалов, таких как стекло и керамика, имеют изотропные свойства и одинаковую структуру материала по глубине сечения. В отличие от искусственных материалов, ювелирные камни как минералы имеют различную природу возникновения, химический состав и свойства в пределах макроструктуры даже одного рассматриваемого материала, вследствие чего имеют различные физико-механические и декоративные свойства.

В настоящей работе использована технологическая классификация минералов [1] (предложенная А.Я. Цюрюпой в 1993 г.), согласно которой минералы можно разделить на следующие группы:

- ювелирные камни, к которым следует отнести хорошо сформировавшиеся кристаллы (монокристаллы);
- промежуточные ювелирно-поделочные камни, которые по своим оптическим и декоративным свойствам используются в ювелирном деле;
- поделочные камни — минералы с более низкими декоративными свойствами и малой твердостью.

Многие ювелирно-поделочные камни имеют сложный химический состав и не имеют собственных характерных форм в отличие от кристаллов правильной геометрической формы. Они составляют основное большинство минералов. К ним относятся зернистые и плотные скопления, аморфные и многие другие разновидности минералов. Обрабатываемость таких уже широко применяемых минералов и условия формирования поверхностного слоя

изучена недостаточно и в технической литературе отсутствуют рекомендации по технологии обработки [2,3].

В связи с этим целью настоящих исследований является изучение механизма формирования поверхностного слоя ювелирно-поделочных и поделочных камней в условиях абразивной обработки.

Исследования проводились на плоскошлифовальном станке при неизменных условиях обработки камней-образцов при частоте вращения 1750 мин инструментами диаметрами 150 мм. В качестве инструментов использовались шлифовальные круги с алмазонасытым слоем на медной и резиновой связке с различной зернистостью абразивных частиц. Для инструментов на металлической связке зернистость алмазных зерен из синтетического алмаза изменялась в пределах от 165/125 — до 7/5, а для отделочной обработки поверхностей рассматриваемых камней - инструменты на резиновой связке с размером зерна от 5/3 до 3/1. В качестве исследуемых образцов использовались характерные представители ювелирных и поделочных камней, широко применяемые в настоящее время в ювелирном деле, которые имеют твердость по шкале Мооса соответственно: яшма — 7; агат — 6–6,5; лазурит (II сорта) — 3,5; змеевик — 2,5–3; мрамор — 2,5 и оникс мраморизованный — 2,5–2. Образцы были подготовлены для обработки, для чего их предварительно распиливали в виде брусков размером 15x10x10 мм из блоков камней. Статическая нагрузка на образец при шлифовании составляла 0,1 МПа. Измерение и оценка шероховатости производилась на профилометре-профилографе модели 201. Поверхность образцов подвергалась последовательной обработке абразивными инструментами разной зернистости абразивных частиц.

Результаты экспериментальных исследований по оценке шероховатости поверхности для перечисленных образцов камней представлены на рис.1. На графиках дана зависимость величины шероховатости от величины зернистости абразивного инструмента. Из приведенных кривых можно заключить, что основное влияние на высоту микронеровностей обработанной поверхности оказывает твердость исследуемого материала. С увеличением твердости образцов камней шероховатость снижается существенно уже на первых операциях механической обработки. У наиболее твердых камней — яшмы и агата наблюдается асимптотическое приближение величины шероховатости уже на первых же операциях шлифования, тогда как у мягких камней имеет место более плавное изменение параметра  $R_a$ . У камней с промежуточным значением твердости (лазуриды и пр.) на первых операциях шлифования шероховатость имеет большие значения, близкие к значениям мягких камней, но на последующих операциях резко снижается и приближается к значениям шероховатости твердых камней.

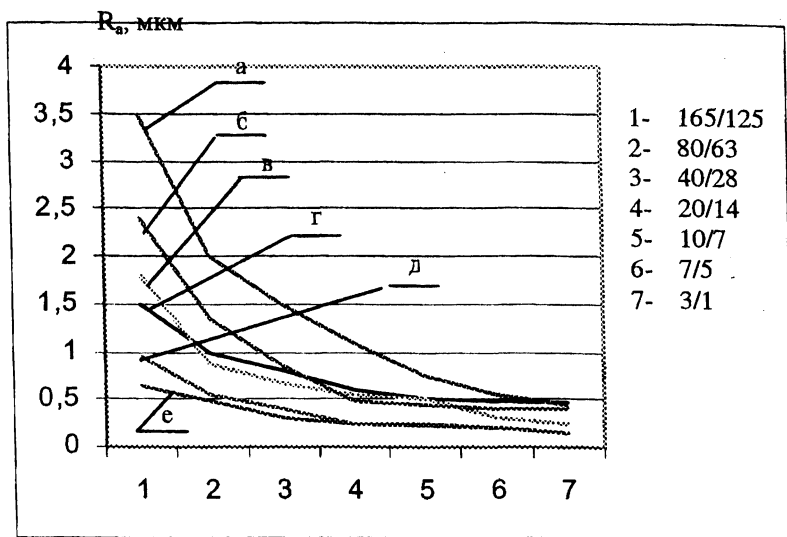


Рис.1. Зависимость шероховатости поверхности от зернистости инструмента  
 а — яшма, б — агат, в — мрамор, г — змеевик, д — лазурит, е — оникс

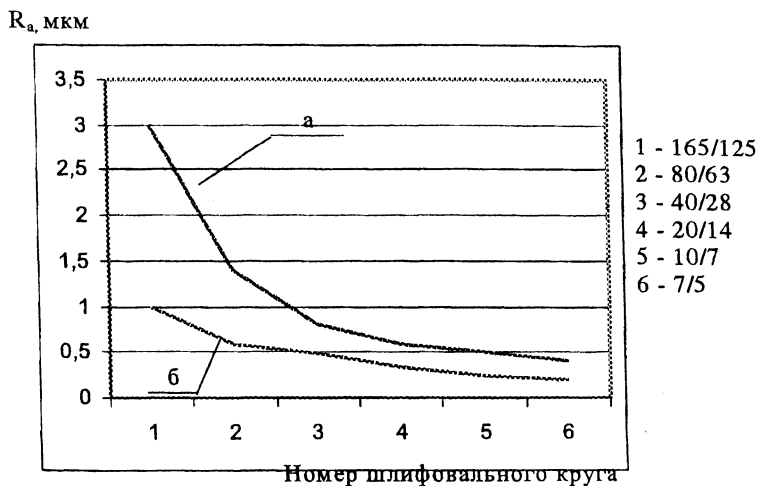


Рис.2. Зависимость изменения шероховатости от размера зерна при обработке агата (а и б — соответственно верхнее и нижнее отклонение  $R_a$ )

Из графиков также следует, что шероховатость твердых камней на всех операциях всегда численно меньше, чем у мягких камней при одинаковой зернистости шлифовального инструмента. Этот фактор имеет существенное значение для достижения минимальной шероховатости и зеркального блеска ювелирных камней.

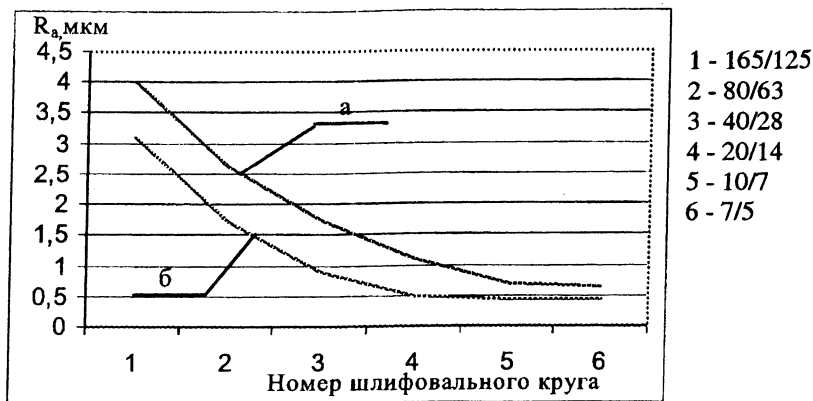


Рис. 3. Зависимость изменения шероховатости от размера зерна при обработке оникса (а и б — соответственно верхнее и нижнее отклонение  $R_a$ )

Другим фактором, влияющим на формирование профиля поверхностного слоя материала, является хрупкость, плотность и структура минерального сырья. На рис. 2 и 3 приведены графики изменения шероховатости образцов с учетом разброса параметра  $R_a$  на каждой операции механической обработки.

На приведенных графиках видно, что разброс величины шероховатости для твердых камней на первых операциях, при которых формируется поверхностный слой, значительно больше, чем у мягких камней. На последующих получистовых и чистовых операциях разброс значений резко уменьшается и приобретает узкий и стабильный диапазон, позволяя прогнозировать, возможно, достижимую шероховатость на окончательных операциях обработки. Мягкие камни имеют отличие в закономерности изменения разброса  $R_a$  по операциям. Видно, что диапазон разброса значений шероховатости мягких камней на различных этапах обработки изменяется незначительно. Такой характер изменения шероховатости камней, очевидно, вызван различным механизмом разрушения поверхностного слоя материала с различной



твердостью единичным зерном. Можно полагать, что при обработке твердых материалов происходит преимущественное разрушение выступающих неровностей поверхностного слоя путем их отслоения от основной части. Такое явление может наблюдаться при неглубоком внедрении единичного зерна в обрабатываемый материал при небольшой разнице в их твердости. При обработке же мягких материалов, происходит внедрение твердых абразивных зерен в пласт мягкого обрабатываемого материала и его разрушение путем отрыва отдельных частей (зерен) и даже блоков, независимо от размера абразивных зерен.

Установленная закономерность изменения имеет практическое значение и позволяет прогнозировать, возможно, достижимую шероховатость поверхностного слоя материала в зависимости от размера абразивных зерен и, тем самым, установить последовательность выбора инструментов и межоперационных припусков и количество переходов для достижения окончательного и минимального микрорельефа. Очевидно, что диапазон разброса величины шероховатости является фактором позволяющим определить предельные значения размеров микрорельефа поверхностного слоя, и, в связи с этим, установить следующую по размеру зернистость абразивного инструмента. Возможное перекрытие двух смежных полей разброса шероховатостей без образования интервалов будет являться оптимальным вариантом выбора номера зернистости инструмента на следующем переходе обработки.

Установленная зависимость величины шероховатости от размера зернистости позволяет установить оптимальную последовательность обработки с целью минимизации числа переходов до достижения требуемого качества поверхности.

Механическая обработка более твердых камней требует меньшего количества переходов в связи меньшим разбросом параметра шероховатости и связано с различным механизмом образования микрорельефа поверхности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Собчак Н., Собчак Т. Энциклопедия минералов и драгоценных камней. – Сп.б Издательский Дом «Нева»; М.: «ОЛМА-ПРЕСС», 2002 г. – 479 с.
2. Син-керсен Дж. Руководство по обработке драгоценных камней и поделочных камней: Пер. с англ. – М.: Мир, 1998. – 423 с.
3. Ящерицын П.И. Зайцев А.Г. Барботько А.И.. Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов. – Мн., «Наука и техника», 1976. – 328с.

## ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ДЕФЕКТНОГО ПОДПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ШЛИФОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ДОПУЩЕНИИ ПОСТОЯНСТВА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь*

Во многих литературных источниках, посвященных изучению теплофизических процессов, возникающих при шлифовании, принимается, что теплофизические коэффициенты (теплопроводность  $\lambda$ , теплоемкость  $c$ , температуропроводность  $a$ ) не зависят от температуры. В расчетах используются некоторые постоянные значения [1]. Однако теплофизические коэффициенты существенно зависят от температуры в области значений, характерных для шлифования сталей [2]. Допущение их независимости от температуры может повлечь неверное заключение о глубине и времени прогрева до заданной температуры подповерхностного слоя заготовки, а значит о глубине дефектного слоя. Эти ошибки не позволяют правильно назначить оптимальные показатели режима шлифования, что в лучшем случае ведет к потере производительности, а в худшем — к браку.

Процесс теплопроводности в шлифуемой заготовке предлагается описывать известным [3] уравнением с граничными условиями второго рода:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(T) \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} \right) = c(T) \cdot \rho \cdot \frac{\partial T(x, t)}{\partial t}; \quad (1)$$

$$T(x, t = 0) = T_0, \quad \lambda(T) \frac{\partial T(x = 0, t)}{\partial x} = -q^*,$$

где граничные условия изменяются во времени, а коэффициенты  $\lambda$  и  $c$  зависят от температуры. В течение некоторого кратковременного момента времени  $\tau_1$  происходит нагрев в точке  $\mathbf{T}$  ( $x = 0$ ), а в течении следующего момента времени  $\tau_2$  — охлаждение.

Таким образом, в течение момента времени  $\tau_1$  принимается  $q^* = q$  — усредненное значение плотности теплового потока от всех тепловых импульсов, возникающих в зоне контакта шлифовального круга с заготовкой. В следующий момент времени принимается  $q^* = 0$ . При шлифовании с охлаждением следует учитывать теплообмен с окружающей средой, однако в первом

приближении считается, что введение в граничное условие дополнительного члена  $\alpha(T - T_{\text{среды}})$ , где  $\alpha$  не является функцией температуры, не отразится на оценке влияния нелинейности функций  $\lambda(T)$ ,  $c(T)$ .

Экспериментальные графики зависимостей  $\lambda(T)$ ,  $c(T)$  для четырех групп сталей, объединенных по обрабатываемости их шлифованием, [1] представлены на рис. 1. На конечном интервале  $T \in [T_o, T_n]$  эти зависимости можно с высокой степенью точности описывать кусочно-линейными функциями  $\sum_{\lambda}$ ,  $\sum_c$ . Тогда, для  $i$ -го отрезка ломаной  $a$  можно записать:  $\lambda(c)^{(i)} = a_{\lambda(c)}^{(i)} + b_{\lambda(c)}^{(i)} \cdot T$ . Уравнение (1) для каждого такого отрезка примет вид:

$$a_{\lambda}^{(i)} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + b_{\lambda}^{(i)} \cdot T \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + b_{\lambda}^{(i)} \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 = \rho \cdot \left( b_c^{(i)} \cdot T \cdot \frac{\partial T}{\partial t} + a_c^{(i)} \frac{\partial T}{\partial t} \right), \quad (2)$$

где коэффициенты  $a_{\lambda}$ ,  $a_c$ ,  $b_{\lambda}$ ,  $b_c$  — постоянные в некотором температурном режиме

$$\lambda \quad \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м} \cdot \text{град}}$$

$$c \quad \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{град}}$$

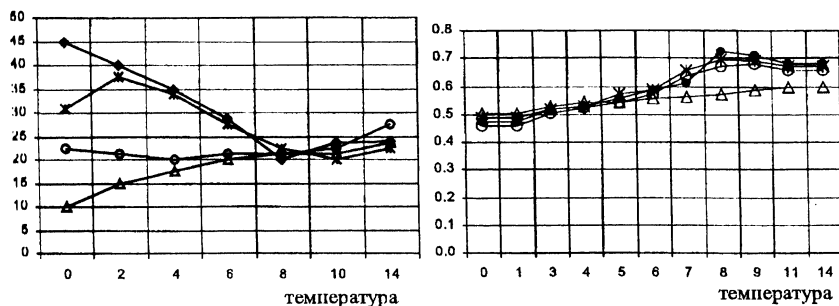


Рис. 1. Зависимость коэффициентов  $\lambda$  и  $c$  от температуры ( $x10^2$  град. по Цельсию) для различных групп сталей: ● — стали конструкционные, углеродистые (группа I, представитель У10), \* — стали конструкционные легированные (группа II, представитель 40ХМНА), о — быстрорежущие стали (группа III, представитель Р18),  $\Delta$  — хромоникелевые стали (группа IV, представитель Х18Н10Т)

Для решения уравнения (2) применялся метод конечных элементов. Функция  $T(x, t)$  для фиксированного момента времени  $t$  аппроксимировалась квадратичной функцией:

$$T(x) = [G(x)^{(e)}] \cdot \{\Phi^{(e)}\} = [1 \quad x \quad x^2] \cdot \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \cdot [\Phi_1^{(e)} \quad \Phi_2^{(e)} \quad \Phi_3^{(e)}]^T, \quad (3)$$

для каждого конечного элемента  $e$ . В уравнении (3) матрица  $[c_{ij}]$  — матрица интерполяционных коэффициентов, зависящая от геометрических параметров конечного элемента: координат узловых точек,  $\{\Phi^{(e)}\}$  — значения неизвестной функции (в данном случае температуры) в узловых точках конечного элемента.

Дифференциальное уравнение (2) решалось методом взвешенных невязок [4], где в качестве весовой функции использовалась функция формы  $[G(x)^{(e)}]$  (способ Галеркина). На основании этого метода для нахождения неизвестных  $\{\Phi\}$  (значений температур в узлах всех конечных элементов) необходимо решить систему уравнений, которая для каждого конечного элемента имеет вид:

$$[K(b_c)^{(e)}] \cdot \{(\dot{\Phi}_i \cdot \Phi)^{(e)}\} + [K(a_c)^{(e)}] \cdot \{\dot{\Phi}_i^{(e)}\} + [K(b_\lambda)^{(e)}] \cdot \{(\Phi^2)^{(e)}\} + [K(a_\lambda)^{(e)}] \cdot \{\Phi^{(e)}\} = \{f_q^{(e)}\}. \quad (4)$$

По времени используется линейная аппроксимация:

$$\dot{\Phi}_i^{(e)} = (\Phi_{k+1} - \Phi_k) / \Delta t \equiv (T_{k+1} - T_k) / \Delta t; \\ \Phi^{(e)} = (1-\theta) \cdot \Phi_k + \theta \cdot \Phi_{k+1} \equiv (1-\theta) \cdot T_k + \theta \cdot T_{k+1}. \quad (5)$$

Тогда формула (4) принимает вид:

$$\begin{aligned} & \left( \langle b_c^{(e)} \rangle \cdot [K_{bc}^{(e)}] \cdot (\rho) \cdot (\theta) + \langle b_\lambda^{(e)} \rangle \cdot [K_{b\lambda}^{(e)}] \cdot (\theta^2 \Delta t) \right) \cdot \{(T_{k+1}^2)^{(e)}\} + \\ & + \left( \left( \langle b_c^{(e)} \rangle \cdot [K_{bc}^{(e)}] \cdot (\rho) \cdot (1-2\theta) + \langle b_\lambda^{(e)} \rangle \cdot [K_{b\lambda}^{(e)}] \cdot (2(1-\theta)\Delta t) \right) \cdot \text{diag} \{ (T_k^{(e)})^T \} + \right. \\ & + \langle a_c^{(e)} \rangle \cdot [K_{ac}^{(e)}] \cdot (\rho) + \langle a_\lambda^{(e)} \rangle \cdot [K_{a\lambda}^{(e)}] \cdot (\theta \Delta t) \left. \right) \cdot \{T_{k+1}^{(e)}\} = \{f_q^{(e)}\} \cdot (\Delta t) + \\ & + \left( \langle b_c^{(e)} \rangle \cdot [K_{bc}^{(e)}] \cdot (\rho) \cdot (1-\theta) - \langle b_\lambda^{(e)} \rangle \cdot [K_{b\lambda}^{(e)}] \cdot ((1-\theta)^2 \Delta t) \right) \cdot \{(T_k^2)^{(e)}\} + \\ & + \left( \langle a_c^{(e)} \rangle \cdot [K_{ac}^{(e)}] \cdot (\rho) - \langle a_\lambda^{(e)} \rangle \cdot [K_{a\lambda}^{(e)}] \cdot ((1-\theta)\Delta t) \right) \cdot \{T_k\}, \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$[K_{bc}^{(e)}] = \int_{x^{(e)}} \left( \text{diag} ([G^{(e)}]) \cdot [G^{(e)}]^T \cdot [G^{(e)}] \right), \\ [K_{ac}^{(e)}] = \int_{x^{(e)}} \left( [G^{(e)}]^T \cdot [G^{(e)}] \right), [K_{a\lambda}^{(e)}] = \int_{x^{(e)}} \left( [\dot{G}_x^{(e)}]^T \cdot [\dot{G}_x^{(e)}] \right), \\ [K_{b\lambda}^{(e)}] = \int_{x^{(e)}} \left( \text{diag} ([G^{(e)}]) \cdot [\dot{G}_x^{(e)}]^T \cdot [\dot{G}_x^{(e)}] \right), \{f_q^{(e)}\} = [G^{(e)}] \cdot [q \ 0 \ 0]^T \neq \{0\}_{s=1}.$$

Здесь, в квадратных скобках обозначаются квадратные матрицы  $3 \times 3$  (если не указаны все элементы), в фигурных — матрицы столбцы  $3 \times 1$ , в треугольных — зависящие от температурного режима множители (не матрицы). Для всех конечных элементов размерность матриц увеличивается  $3 \rightarrow n \cdot (3-1) + 1$  и суммируются элементы в точках стыков конечных элементов. Для  $\theta$ , принимается рекомендуемое [5] значение:  $\theta = 2/3$ .

Система (6) решается относительно неизвестных  $\{T_{k+1}\}$ . В качестве способа решения системы вида  $[A]\{x^2\} + [B]\{x\} = [C]$  используется итерационный алгоритм, основанный на методе Ньютона. При этом относительно якобиана от всех уравнений системы (строки) по всем неизвестным (столбцы) решается система линейных уравнений для каждого последующего приближения.

Изменение коэффициентов  $a_{\lambda}, a_c, b_{\lambda}, b_c$  в зависимости от текущего температурного режима проводилось на каждом временном шаге, путем проверки попадания максимальной температуры каждого конечного элемента в соответствующий температурный диапазон.

Исходными данными при решении этой задачи являлись:  $N_{эфф}$  — эффективная мощность шлифования, уходящая в теплоту,  $S$  — площадь контакта шлифовального круга с заготовкой,  $\lambda_k$  — коэффициент теплопроводности шлифовального круга,  $c\rho_k$  — объемная теплоемкость шлифовального круга (взяты для круга ЛО28/20КБ-100%). В качестве единиц длины принимались миллиметры, в качестве единиц времени — миллисекунды.

Проводилось имитационное моделирование процесса нагрева/охлаждения при следующих условиях: 1.)  $\lambda$  и  $c$  не зависят от температуры и их значения соответствуют  $\lambda(20^\circ), c(20^\circ)$ ; 2.)  $\lambda$  и  $c$  зависят от температуры в соответствии с рис. 1.; 3.)  $\lambda$  и  $c$  имеют средне-интегральное значение в заданном диапазоне температур и считаются постоянными.

По результатам моделирования построены D-разбиения для глубины и времени прогрева до заданной критической температуры (при которой возникает прижог). Пример такого D-разбиения для стали P18 показан на рис. 2.

Анализируя полученные D-разбиения по четырем группам сталей, можно сделать следующие заключения:

1-ая группа: Относительная погрешность определения максимальной глубины прогрева ( $X_1$ ) при условиях №1 составляет 38.1 %, при условиях №3 — 22.9%. Относительная погрешность определения глубины прогрева в течение 7 мс. ( $X_2$ ) составляет для условий №1 и №2 соответственно — 13% и 32.5%. В случае учета зависимости от температуры теплофизических параметров сталей этой группы, время прогрева до критической температуры при максимальной глубине прогрева достаточно велико. В то время как для

№1 и №2 время прогрева значительно уменьшается при приближении к точке максимальной глубины. Это указывает на значительную погрешность определения глубины дефектного слоя при допущениях №1 и №2, что может привести в данном случае к браку.

II-ая группа: Относительная погрешность определения максимальной глубины прогрева при №1, №3 соответственно 37.7%, 8.2%. Относительная погрешность определения глубины прогрева в течении 7 мс. для №1 и №2 составляет 455% и 255%. Для этой группы в случае №2 время прогрева при приближении к точке максимальной глубины значительно уменьшается. Кроме того, максимальная глубина прогрева до критической температуры в случае №2 меньше чем в случаях №1 и №3. Это приводит к существенной погрешности определения глубины дефектного слоя, что в данном случае ведет к потере производительности (значительному завышению действительного значения глубины дефектного слоя).

III-ая группа: Относительная погрешность определения максимальной глубины прогрева при №1, №3 соответственно 50.8% и 17.2%. Относительная погрешность определения глубины прогрева в течении 7 мс. для №1 и №2 составляет 47.7%, -1.1%. Анализ D-разбиения этой группы показал, что условия №3 вполне приемлемы для оценки глубины дефектного слоя.

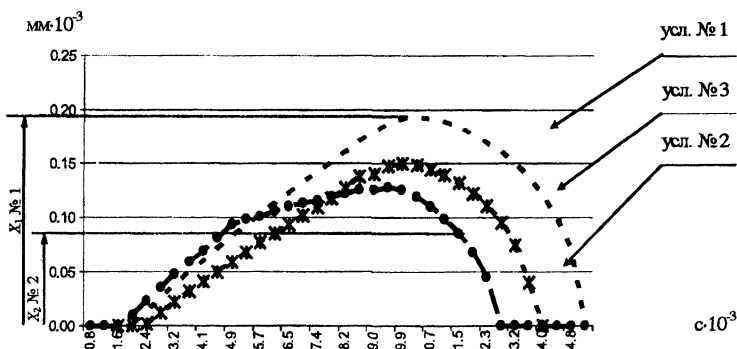


Рис. 2. D-разбиение для стали P18 при температуре  $T = 600^{\circ}\text{C}$

IV-ая группа: Относительная погрешность определения максимальной глубины прогрева при №1, №3 соответственно 101.7% и 34.5%. Относительная погрешность определения глубины прогрева в течении 7 мс. для №1 и №2 составляет 7800% и 700%. Характер уменьшения времени прогрева при приближении к точке максимальной глубины в условиях №2 и №3 практи-

чески идентичен. Как и для группы II, в этом случае, неучет зависимости  $\lambda$  и  $\sigma$  от температуры ведет к потере производительности. Причем, для случая №1 в значительно большей степени, чем для случая №3.

Анализ D-разбиений для исследуемых групп сталей позволяет сделать выводы о том, что упрощая теплофизическую задачу в соответствии с условиями №3, далеко не всегда можно с допустимой погрешностью оценить глубину дефектного слоя, а в некоторых случаях использование условий №1 ведет к более точному результату, чем в случае №3.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности. – М.: Машиностроение, 1978. –167 с. 2. Корчак С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с. 3. Ящерицын П.И., Цокур А.К. Еременко М.Л. Тепловые явления при шлифовании и свойства обработанных поверхностей. Минск: Наука и техника, 1973. –184 с. 4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. –541 с. 5. Метод конечных элементов в механике твердых тел / Под общ. Ред. А.С. Сахарова, И. Альтенбаха. – Киев: Вища школа. Головное издательство, 1982. – 480 с.

УДК 621.01:004:347.78

**В.М. Пашкевич**

### **РАЗДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПАР**

*Белорусско-российский университет  
Могилев, Беларусь*

Из практики известно, что кинематическая пара, составленная из двух зубчатых колес удовлетворительной точности, может, тем не менее, показать неудовлетворительную точность передачи, содержащей эти колеса. В то же время, в ряде случаев передача, содержащая два колеса неудовлетворительной точности, может показать удовлетворительную кинематическую точность. Приведенный пример приводит к мысли о том, что для обеспечения высокой кинематической точности механизмов следует решать комплексную задачу управления его точностью как на этапе изготовления их деталей, так и на этапе сборки конструкции. И если на этапе изготовления

точность зубчатых колес может быть гарантирована соблюдением требований технологического процесса, то этап сборки может быть связан с процедурой подбора подходящей кинематической пары. Этап сборки включает в этом случае две процедуры: 1) анализ существующей пары с целью определения ее соответствия требованиям точности, 2) синтез удовлетворительной пары по результатам анализа.

Процедура анализа связана с разделением вкладов в общую кинематическую погрешность ведущего и ведомого звеньев. При этом методика разделения может быть следующей.

Известно, что кинематической погрешностью пары является разность между действительным углом поворота ведомого звена  $\varphi_{2дей}$  и номинальным углом  $\varphi_{2ном}$ :

$$\Delta\varphi_2 = \varphi_{2дей} - \varphi_{2ном}. \quad (1)$$

Если записать кинематическую погрешность пары в течение нескольких оборотов ведомого звена, определяющих полный цикл пересопражений зубьев ведущего звена и ведомого звена, то число оборотов таких звеньев будет равно соответственно  $N_1$  и  $N_2$ , причем

$$N_1 Z_1 = N_2 Z_2, \quad (2)$$

$$N_1 = \frac{Z_2}{Z}, N_2 = \frac{Z_1}{Z}, \quad (3)$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$  — число зубьев ведущего и ведомого звеньев;  $Z$  — наибольший общий делитель чисел  $Z_1$  и  $Z_2$ .

На рис. 1 показан случай для  $Z_1=12$  и  $Z_2=16$ :  $Z=4$ ,  $N_1=4$ ,  $N_2=3$ . Периоды  $T_1$  и  $T_2$  соответствуют оборотам ведущего и ведомого звеньев соответственно. Общее число измерений при этом составит  $N_2 M$ , где  $M$  — число отсчетов измерительного преобразователя за оборот выходного вала.

Дальнейшие рассуждения базируются на очевидном свойстве кинематической погрешности, заключающемся в том, что для центрованной кинематической погрешности ее математическое ожидание равно нулю:

$$m(\Delta\varphi_2) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta\varphi_{2i} - \Delta\varphi_2^0) = 0, \quad (5)$$

где  $\Delta\varphi_2^0$  — начальное (центральное) значение  $\Delta\varphi_2$ .

Рассмотрим некоторую точку  $A$  на активной боковой поверхности ведомого колеса (рис.1). Момент ее контакта с зубьями ведущего колеса в течение первого оборота ведомого колеса характеризуется точкой  $l$  и соответствующей кинематической погрешностью, вызванной совместным влияни-



см погрешностей ведущего и ведомого звеньев. Момент ее контакта за второй оборот соответствует точке 2, за третий оборот — точке 3 и т.д. Рассмотрим среднюю величину кинематической погрешности  $\Delta\varphi_2$  для всех точек контакта, отстоящих друг от друга на величину  $T_2$  (или на  $M$  отсчетов):

$$\frac{1}{N_2} \sum_{i=1}^{N_2} \Delta\varphi_2(k_A + (i-1) \cdot M), \quad (6)$$

где  $k_A$  — номер отсчета кинематической погрешности, соответствующий положению точки  $A$  в пределах первого периода  $T_2$ , ( $k_A=1 \dots M$ );  $M$  — число отсчетов за один оборот выходного вала (соответствующих периоду  $T_2$ ).

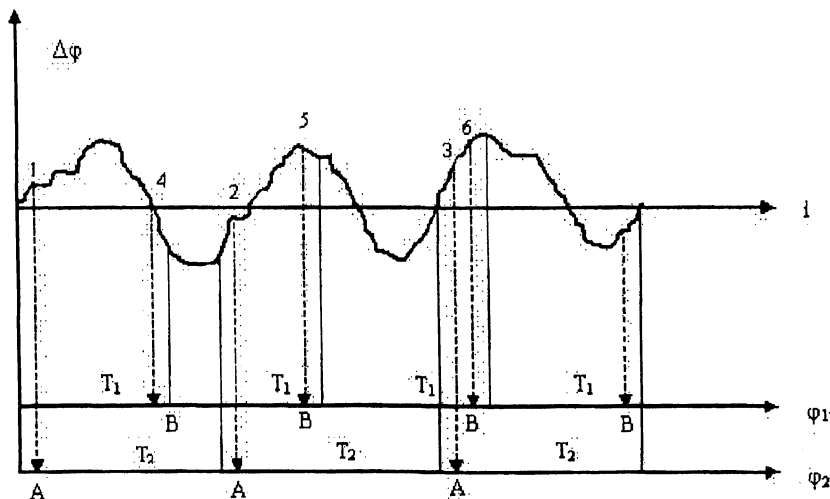


Рис.1. Схема для пояснения метода разделения

Выражение (6) с учетом вкладов погрешностей ведущего колеса  $\Delta\varphi_2^I$  и ведомого колес  $\Delta\varphi_2^{II}$  примет вид

$$\frac{1}{N_2} \sum \Delta\varphi_2(r_2) = \frac{1}{N_2} \sum (\Delta\varphi_2^I(r_2) + \Delta\varphi_2^{II}(r_2)). \quad (7)$$

Так как вклад ведомого колеса  $\Delta\varphi_2^{II}$  в точке  $A$  является величиной постоянной, то

$$\frac{1}{N_2} \sum \Delta\varphi_2^{II}(r_2) = \Delta\varphi_2(A) \quad (8)$$

Вклад погрешности ведущего колеса представляет собой случайную величину (так как точка  $A$  контактирует с разными точками ведущего колеса). Поэтому с учетом (5)

$$\frac{1}{N_2} \sum \Delta\varphi_2^I(r_2) \approx 0. \quad (9)$$

С учетом выражений (7) и (9) соотношение (6) примет вид

$$\Delta\varphi_2^II(A) = \Delta\varphi_2(k_A) \approx \frac{1}{N_2} \sum_{i=1}^{N_2} \Delta\varphi_2(k_A + (i-1) \cdot M). \quad (10)$$

Таким образом, описанная процедура сегментирует исходные данные и находит кинематическую погрешность как среднюю по сегментам величину, реализуя процедуру синхронного накопления.

Если повторить выкладки для сегментации исходных данных по периоду  $T_1$  (т.е. по периоду вращения ведущего вала  $(Z_1/Z_2M)$  для некоторой точки  $B$  на боковой поверхности ведущего колеса (рис.1), получим следующую формулу для усреднения:

$$\frac{1}{N_1} \sum_{j=1}^{N_1} \Delta\varphi_2 \left( k_B + (j-1) \frac{Z_1}{Z_2} M \right), \quad (11)$$

где  $k_B$  — номер отсчета кинематической погрешности, соответствующий положению точки  $B$  в пределах первого периода  $T_1$  ( $k_B = 1 \dots (Z_1/Z_2M)$ ). Выражение, аналогичное (7), справедливо и для случая, однако на этот раз

$$\frac{1}{N_1} \sum \varphi_2^I(r_1) = \Delta\varphi_2(B), \quad (12)$$

$$\frac{1}{N_1} \sum \varphi_2^II(r_1) \approx 0, \quad (13)$$

$$\Delta\varphi_2^I(B) = \Delta\varphi_2(k_B) \approx \frac{1}{N_1} \sum_{i=1}^{N_1} \left( k_B + (j-1) \frac{Z_1}{Z_2} M \right). \quad (14)$$

Формулы (10) и (14) позволяют в каждой точке записи кинематической погрешности  $(1 \dots M)$  разделить погрешности ведущего и ведомого колес:

$$\Delta\varphi_2(k) \approx \Delta\varphi_2(k_A = k) + \Delta\varphi_2(k_B = k). \quad (15)$$

Пользуясь (15), можно перейти от угловых мер к линейным, и таким образом, смоделировать влияние отдельных параметров зубчатого колеса на его кинематическую погрешность. Формула (15) позволяет проанализировать

ировать влияние монтажа колес на их кинематическую погрешность. Из схемы на рис. 1 видно, что если для двух колес с  $Z_1 \neq Z_2$ , наибольший общий делитель  $Z > 1$  (т.е.  $Z_1$  и  $Z_2$  не являются простыми числами), то контакт точки  $A$  происходит только с  $N_2$  постоянными точками ведущего колеса. Поэтому, «переставляя» ведомое колесо  $Z_2$  раз, каждый раз при этом смещая его на 1 зуб, что соответствует фазовому смещению кинематической погрешности на  $M/Z_2$  отсчетов, можно найти положение, в котором кинематическая погрешность будет иметь номинальную величину, т.е. минимизировать функционал

$$\sum_i \sum_j |\Delta\varphi'_2(i, j)| \rightarrow \min. \quad (16)$$

Этой же цели можно добиться и изменением межосевого расстояния колес. Использование формулы (15) позволяет избежать утомительных физических экспериментов по оптимальному монтажу колес, а на основе синтеза кинематической погрешности сразу указать оптимальные контактирующие зубья пары и (или) межосевое расстояние.

Приведенные рассуждения можно распространить и на случай многоступенчатой передачи. Так, например, для двухступенчатой передачи (рис. 2) справедливы соотношения

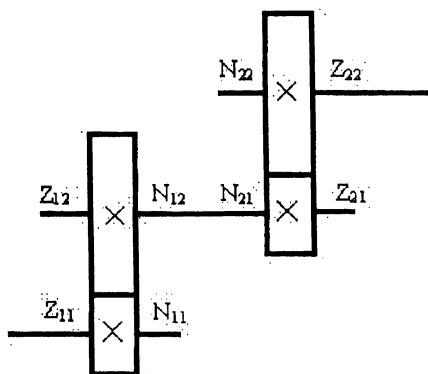


Рис. 2. Схема двухступенчатой передачи

$$\Delta\varphi_{22}^{\Sigma}(i) = \Delta\varphi'_{22}(i) + \Delta\varphi'_{21}(i) + \Delta\varphi'_{12}(i) + \Delta\varphi'_{11}(i), \quad (17)$$

где  $\Delta\varphi_{22}^{\Sigma}(i)$  — запись кинематической погрешности на ведомом валу;  $\Delta\varphi'_{ij}(i)$  — составляющие кинематической погрешности на ведомом валу, соответствующие влиянию промежуточного зубчатого колеса  $ij$ .

По аналогии с (10) и (14), можно показать, что

$$\Delta\varphi'_{22}(i) = \frac{1}{N_{22}} \sum_{k=0}^{N_{22}-1} \Delta\varphi^{\Sigma}_{22}(i+kM); \quad (18)$$

$$\Delta\varphi^{\Sigma}_{21}(i) = \Delta\varphi'_{21}(i) + \Delta\varphi'_{12}(i) + \Delta\varphi'_{11}(i) = \Delta\varphi^{\Sigma}_{22}(i) - \Delta\varphi'_{22}; \quad (19)$$

$$\Delta\varphi'_{21}(i) = \frac{1}{N_{21}} \sum_{k=0}^{N_{21}-1} \Delta\varphi^{\Sigma}_{21}\left(i+k\frac{N_{22}}{N_{21}}M\right); \quad (20)$$

$$\Delta\varphi^{\Sigma}_{12}(i) = \Delta\varphi'_{12}(i) + \Delta\varphi'_{11}(i) = \Delta\varphi^{\Sigma}_{21}(i) - \Delta\varphi'_{21}(i); \quad (21)$$

$$\Delta\varphi'_{12}(i) = \frac{1}{N_{12}} \sum_{k=0}^{N_{12}-1} \Delta\varphi^{\Sigma}_{12}\left(i+k\frac{N_{22}}{N_{12}}M\right); \quad (22)$$

$$\Delta\varphi^{\Sigma}_{11}(i) = \Delta\varphi^{\Sigma}_{12}(i) - \Delta\varphi'_{12}(i) = \Delta\varphi'_{11}(i). \quad (23)$$

Если необходимо привести кинематическую погрешность элемента  $ij$  к его делительному диаметру, т.е.  $\Delta\varphi_{ij}$  необходимо учитывать передаточное отношение между составляющей  $ij$  и конечным звеном по формуле

$$\Delta\varphi^{\Sigma}_{ij}(k) = \Delta\varphi'_{ij}(k)U_i; \quad (24)$$

откуда следует, что

$$\Delta\varphi_{22}(k) = \Delta\varphi'_{22}(k), \quad (25)$$

$$\Delta\varphi_{21}(k) = \Delta\varphi'_{21}(k) \cdot U_2, \quad (26)$$

$$\Delta\varphi_{12}(k) = \Delta\varphi'_{12}(k) \cdot U_2, \quad (27)$$

$$\Delta\varphi_{11}(k) = \Delta\varphi'_{11}(k) \cdot U_1 U_2. \quad (28)$$

К сожалению, использовать эти формулы на практике можно лишь при том условии, что измерения  $\Delta\varphi^{\Sigma}_{22}$  ведутся с использованием достаточно точного преобразователя угловых перемещений, при этом выполняется условие

$$\Delta\varphi^{\Sigma}_{ij}(k) > \Delta\Phi, \quad (29)$$

где  $\Delta\Phi$  — абсолютная погрешность преобразователя.

Расчеты показывают, что при использовании преобразователя угловых перемещений типа *BE-178A* (обеспечивает до 2500 отсчетов за оборот вала)

на практике однозначным образом могут быть разделены элементарные погрешности одноступенчатых механизмов, некоторых двухступенчатых ( $U_1 > U_2$ ) и лишь изредка — трехступенчатых, у которых выполняются условия  $U_3 > U_2$  и  $U_3 \gg U_1$ . Для четырехступенчатых передач использование метода дает чрезмерные погрешности вычисления. Таким образом, реально можно говорить об использовании описанного метода к контролю одной-двух конечных ступеней многоступенчатых механизмов.

УДК 621.9.02 (035)

**А.Ф. Присевко, В.В. Веренчук\*, Г.Я. Беляев**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

*Белорусский национальный технический университет,  
ОАО Минский приборостроительный завод\**  
Минск, Беларусь

### *Актуальность*

Резьбовые соединения (РС) в конструкциях машин составляют 15–25% от общего числа соединений из-за простоты, надежности, возможности разборки и сборки без замены деталей, а трудоемкость сборки резьбовых соединений составляет 20–30% от общей трудоемкости сборочных работ.

Процесс сборки РС состоит из следующих этапов: соединение (наживление) резьбовых деталей на 2–3 нитки, их свинчивание, затяжка и стопорение для предохранения отвинчивания. В автоматизированном производстве первые три этапа сборочного прогресса выполняются последовательно одним инструментом (гайковертом, винтоввертом, шпильковвертом). Для удобства наживления на торцах резьбовых поверхностей выполняют фаски под углом 45°. Резьбовые соединения в крупносерийном и массовом производстве выполняют одновременно при помощи многошпиндельных резьбозавертывающих устройств. В мелкосерийном производстве эти операции выполняют в определенной последовательности.

Рекомендуемые нормативы режимов резания при нарезании резьбы позволяют выбрать скорость, глубину резания и подачу в зависимости от вида резьбы, материала, точности и качества резьбовой поверхности, заданного эксплуатационного ресурса и необходимой производительности.

### *Виды резьб*

Резьба характеризуется следующими основными и дополнительными параметрами: профилем (например, метрическая, дюймовая Витворта, трапеце-

идальная и т.д.), наружным диаметром, шагом, направлением винтовой линии, числом витков и полем допуска. Первые три параметра полностью определяют стандартные однозаходные правые резьбы, для других случаев необходимы другие параметры. К этим измеряемым параметрам относятся: угол при вершине профиля, средний диаметр резьбы, внутренний диаметр, радиус на дне впадины, высота профиля резьбы, шаг, угол подъема винтовой линии и рабочая высота профиля. На приведенных ниже схемах различных резьб указано большинство основных и дополнительных параметров. Условно все резьбы можно разделить по области их применения на резьбы общемашиностроительного и нефтяного сортамента. Основной резьбой общемашиностроительного применения на сегодняшний день является **резьба ISO (Рис. 1)** в двух совпадающих по всем размерам исполнениях — Метрическая М, наиболее распространенная в Европе, и Унифицированная Национальная UN, распространенная в США. Эта резьба применяется во всех отраслях промышленности. **Унифицированная национальная резьба с контролируемым радиусом впадины UNJ (Рис. 1 и 1а)** применяется в авиационной и космической индустрии. **Дюймовая резьба Витворта BSW (Рис. 1 б)** применяется для штуцеров и присоединений газовой, водопроводной и канализационной арматуры. Резьба BSW соответствует ГОСТ 6357-81 на трубную цилиндрическую резьбу. Эта резьба рекомендована к замене на резьбу ИСО. **Американская Национальная Трубная резьба NPT (Рис. 1в)** применяется для штуцеров и присоединений (соответствует ГОСТ 6111-82 на коническую дюймовую), также как и **Британская Стандартная Трубная Коническая резьба BSPT (Рис. 1г)** (соответствует ГОСТ 6211-81 на трубную коническую резьбу). **Трапецидальная резьба TR (Рис. 1д)** выполнена по европейским нормам (DIN 103) и предназначена для ходовых винтов в общемашиностроительной индустрии. Очень похожая на нее **трапецидальная резьба ACME (Рис. 1е)** соответствует американским стандартам и предназначена для тех же целей. В тех случаях, когда резьба ACME имеет слишком глубокий профиль, используется **усеченная резьба STUB (Рис. 1ж)**. Для резьбовых соединений в пищевой промышленности и в системах пожаротушения используется **круглая резьба RP по DIN 405**. Резьбы нефтяного сортамента имеют конкретное назначение для различных соединений добывающей и перекачивающей арматуры. Как правило, эти резьбы во всем мире выполняются по стандартам Американского Института Нефти (API). Аналогичные по назначению резьбы, выполненные по отечественному ГОСТу, имеют некоторые параметры резьбы, отличные от резьб API. **Замковые резьбы на вращающейся буровой оснастке выполняются по стандартам API формы V-0.038R (Рис. 1з)** (исполнение с конусностью резьбы 1:6), формы **V-0.040 (Рис. 1к)** (исполнение с конусностью резьбы 1:4) и формы **V-0.050. На-**

осно-компрессорные трубы и некоторые вращающиеся соединения имеют **крупную резьбу API**, соответствующую аналогичным резьбам по ГОСТ 633-80. На обсадных трубах нарезается **резьба API Батресс** или по **ГОСТ 632-80**. Распространена также резьба под названием **американский батресс** [1].

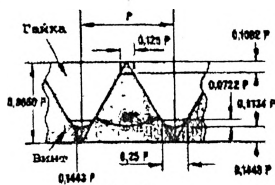


Рис. 1

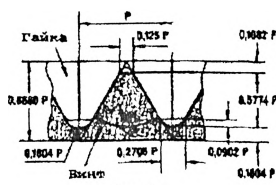


Рис. 1а

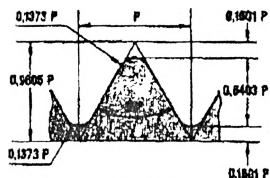


Рис. 16

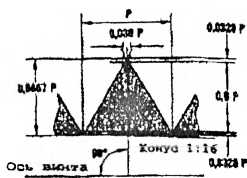


Рис. 1в

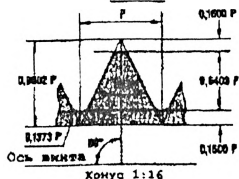


Рис. 1г

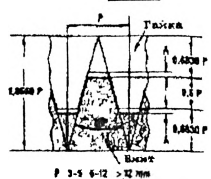


Рис. 1д

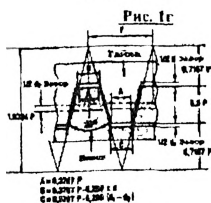


Рис. 1е

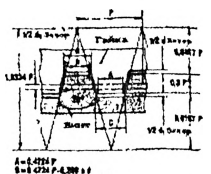


Рис. 1ж

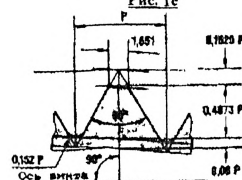


Рис. 1з

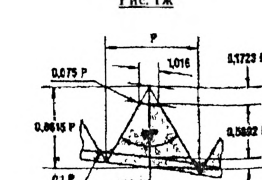


Рис. 1к

Виды резьб общемашиностроительного применения

Полная гамма резьб, применяемых в промышленности, представлена на рис.3.

Сведения о размерах резьбы, ее точности и производительности обработки, а также характеристика различных способов нарезания, шлифования и накатывания наружных и внутренних резьб приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

1. Способы обработки наружных резьб

| Способ обработки                           | Параметры резьбы   |              |                          |                  |                | Твердость заготовки HRC3, не более | Наибольшая производительность, шт/мин |
|--|--------------------|--------------|--------------------------|------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  | Диаметр $d_n$ , мм | Шаг $P$ , мм | Длина $L$ , мм, не более | Степень точности | Сбег, не менее |                                    |                                       |
| <b>1. Нарезание:</b>                       |                    |              |                          |                  |                |                                    |                                       |
| — головками с тангенциальными гребенками;  | 1,6-235            | 0,35-6       | 6000                     | 4-7              | 1,5P           | 37                                 | До 20                                 |
| — головками с круглыми гребенками;         | 4-400              | 0,50-6       | 6000                     | 5-8              | 1,5P           | 37                                 | До 20                                 |
| — резцами;                                 | 1-1000             | 0,25-100     | 6000                     | 6-8              | 0,5P           | 46                                 | До 5                                  |
| — вихревое нарезание резьбы;               | 20-1000            | 2,50-100     | 2000                     | 7-9              | P              | 46                                 | До 5                                  |
| — круглыми плашками;                       | 0,2-72             | 0,08-3       | 2000                     | 5-8              | 1,5P           | 34                                 | До 5                                  |
| <b>2. Фрезерование:</b>                    |                    |              |                          |                  |                |                                    |                                       |
| — дисковой фрезой;                         | 10-400             | 0,50-100     | 2000                     | 6-8              | 0              | 46                                 | До 2                                  |
| — гребенчатой фрезой;                      | 3-200              | 0,50-6       | 100                      | 6-8              | 0              | 37                                 | До 5                                  |
| — винтовой (червячной) фрезой;             | 5-100              | 0,75-5       | 75                       | 6-8              | 0              | 37                                 | До 10                                 |
| <b>3. Шлифование:</b>                      |                    |              |                          |                  |                |                                    |                                       |
| — врезное;                                 | 1-400              | 0,40-6       | 100                      | Св. 2            | 0,5P           | 71                                 | До 3                                  |
| — продольное;                              | 0,5-400            | 0,04-100     | 6000                     | Св. 2            | 0,5P           | 71                                 | До 1                                  |
| <b>4. Накатывание:</b>                     |                    |              |                          |                  |                |                                    |                                       |
| — роликом-сегментом;                       | 1,6-27             | 0,40-2,5     | 100                      | 2-6              | 1,5P           | 34                                 | До 2000                               |
| — плоскими плашками;                       | 2-70               | 2,5-3        | 250                      | 6-8              | 1,5P           | 34                                 | 40-800                                |
| — двумя роликами;                          | 2-250              | 0,35-20      | 800                      | 2-6              | P              | 36                                 | 10-400                                |
| — тремя роликами;                          | 6-100              | 0,50-5       | 2000                     | 3-6              | P              | 34                                 | 10-100                                |
| — осевыми головками;                       | 1,4-150            | 0,35-8       | 6000                     | 4-7              | 1,5P           | 34                                 | 5-150                                 |
| — тангенциальными головками;               | 2-52               | 0,40-2,5     | 20                       | 4-7              | 0,5P           | 26                                 | До 20                                 |
| <b>5. Литье под давлением (пластмассе)</b> |                    |              |                          |                  |                |                                    |                                       |
|  | 2,8-180            | 0,70-6       | 100                      | 6-10             | 0              | —                                  | —                                     |

Примечания:

1. Накатыванию подлежат лишь материалы с коэффициентом относительного удлинения  $\delta \geq 8\%$ . На стержне под накатывание резьбы угол фаски следует принимать равным  $20-30^\circ$  (большие значения для резьб с шагами свыше 1,5мм). Начальный диаметр фасок должен быть меньше внутреннего диаметра резьбы на 0,5–0,25 мм.



2. Для накатывания резьб полых деталей, к которым относятся детали с толщиной стенки порядка  $(2+4)h$ , применять способы, обеспечивающие минимальные деформации заготовки: двумя роликами (для него характерно наличие регулируемой радиальной подачи), тремя роликами и осевыми головками с числом роликов от 3 до 6.

3. Наибольшая производительность относится к обработке резьб с минимальными диаметрами, шагами и длинами не более  $2d_n$ .

4. Способы обработки резьб точением резцами, нарезанием круглыми платками, фрезерованием дисковой фрезой и шлифованием применяются в серийном производстве, в том числе на станках с ЧПУ [2-4].

Таблица 2

Способы обработки внутренних резьб

| Способ обработки                                   | Параметры резьбы   |              |                          |                  |                 | Твердость заготовки HRC <sub>3</sub> , не более | Наибольшая производительность, шт/мин |
|--|--------------------|--------------|--------------------------|------------------|-----------------|---|---------------------------------------|
|  | Диаметр $D_n$ , мм | Шаг $P$ , мм | Длина $l$ , мм, не более | Степень точности | Сбег, не менее  |   |                                       |
| <b>1. Нарезание:</b>                               |                    |              |                          |                  |                 |   |                                       |
| гачевыми метчиками;                                | 3-52               | 0,50-3       | 50                       | 4-7              | Сквозная резьба | 32  | До 80                                 |
| машинными метчиками;                               | 0,2-300            | 0,075-8      | 300                      | 2-7              | $P$             | 46  | До 60                                 |
| головками;   | 32-300             | 0,75-100     | 200                      | 5-8              | $2P$            | 46  | До 10                                 |
| резцами;   | 10-1000            | 0,50-100     | 500                      | 4-8              | $0,3P$          | 46  | До 5                                  |
| вихревое нарезание резьбы;                         | 30-350             | 3,0-50       | 300                      | 7-9              | $P$             | 46  | До 2                                  |
| протяжками;  | 10-150             | 2,0-10       | 200                      | 6-7              | Сквозная резьба | 34  | До 5                                  |
| <b>2. Фрезерование:</b>                            |                    |              |                          |                  |                 |   |                                       |
| дисковой фрезой;                                   | 5-200              | 0,50-100     | 100                      | 6-8              | 0               | 46  | До 2                                  |
| гребенчатой фрезой;                                | 16-200             | 0,50-5       | 100                      | 6-8              | 0               | 37  | До 5                                  |
| шпильной (концевой) фрезой;                        | 8-100              | 0,50-5       | 50                       | 6-8              | 0               | 37  | До 10                                 |
| <b>3. Шлифование:</b>                              |                    |              |                          |                  |                 |   |                                       |
| презное;   | 20-400             | 0,50-5       | 100                      | Св.2             | $0,3P$          | 71  | До 3                                  |
| продольное;  | 20-400             | 0,50-100     | 250                      | Св.2             | $0,3P$          | 71  | До 1                                  |
| <b>4. Накатывание:</b>                             |                    |              |                          |                  |                 |   |                                       |
| гачевыми метчиками;                                | 3-16               | 0,50-1,5     | 20                       | 6-7              | Сквозная резьба | 20  | До 100                                |
| машинными метчиками;                               | 1-52               | 0,25-2,5     | 200                      | 2-6              | $3P$            | 20  | До 70                                 |
| головками;   | 50-200             | 0,50-3       | 300                      | 4-6              | $3P$            | 20  | До 2                                  |
| <b>5. Радиальная обдирка на резьбовой оправке:</b> |                    |              |                          |                  |                 |   |                                       |
| роликом-сегментом;                                 | 3-24               | 0,50-1,5     | 50                       | 7-9              | $0,5P$          | 20  | 100-500                               |
| двумя роликами;                                    | 3-200              | 0,50-2       | 150                      | 7-9              | $0,5P$          | 20  | 10-150                                |
| тремя роликами;                                    | 6-100              | 0,50-1,5     | 100                      | 6-9              | $0,5P$          | 20  | 5-50                                  |
| <b>6. Литье под давлением (пластмасс)</b>          | 2,8-180            | 0,70-6       | 100                      | 6-9              | 0               | -   | -                                     |

**Примечания:**

1. Наибольшая производительность относится к обработке резьб с минимальными диаметрами, шагами и длинами не более  $D_n$ .

2. Данные по производительности при обработке метчиками и головками приведены для одношпindelной обработки. Увеличение числа шпинделей существенно повышает производительность. Число шпинделей

лей зависит от типа инструмента и компоновки оборудования. Для гаечных метчиков с изогнутыми хвостовиками применяется, как правило, горизонтальная компоновка станка, при которой число шпинделей равно 1–2 при вращающемся инструменте и 1–8 — при невращающемся. Для прямых гаечных метчиков и головок применяются станки с горизонтальной и вертикальной компоновками с числом шпинделей от 1 до 12. Для машинных метчиков число шпинделей составляет 1–12 для станков с горизонтальной компоновкой и 1–24 — для станков с вертикальной и наклонной компоновками.

3. Способы обработки резб точением, фрезерованием дисковой фрезой и шлифованием применяются в серийном производстве, в том числе на станках с ЧПУ.

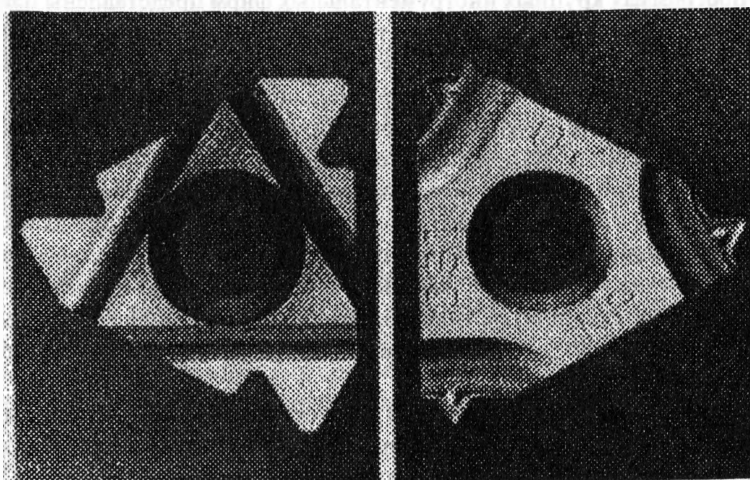
4. Способы радиальной обжимки на резьбовой оправке применяются для обработки пластичных материалов на полых листоштампованных заготовках и трубах с толщиной стенки от 0,5 до 3 мм и высотой формируемой резьбы, примерно равной толщине стенки.

## **Обработка резьбы резанием**

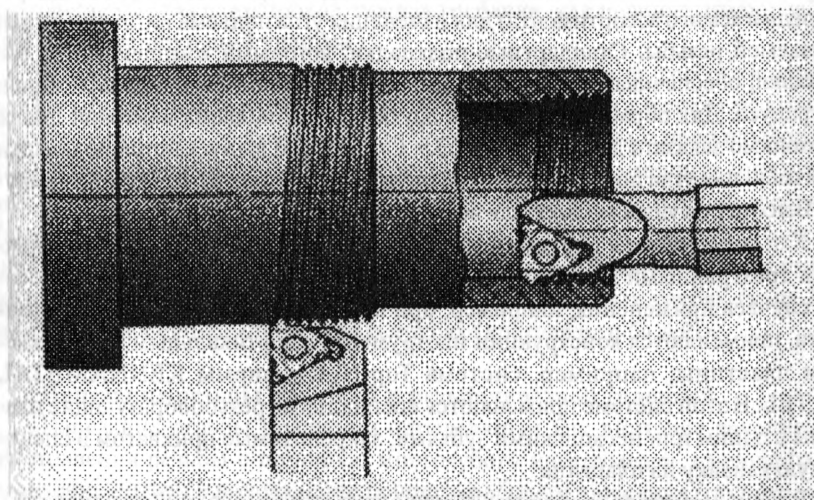
### **Обработка резьбы резцом**

Согласно определению, нарезание резьбы резцом представляет собой винтовое точение, применяемое для изготовления резьбы с помощью однопрофильного инструмента. Профиль резьбового резца соответствует профилю витка резьбы. В современной промышленности применяются обычные призматические резцы и дисковые незатылованные и затылованные профильные резцы. Инструментальным материалом для резьбовых резцов является быстрорежущая сталь или твердый сплав. Применение твердого сплава обеспечивает увеличение производительности и повышение качества обработки, но требует, как правило, более высоких скоростей резания, что приводит к увеличению скоростей отвода резца. Поэтому, как правило, резцы из твердого сплава применяются на станках с автоматическим отводом резца или на станках с ЧПУ, хотя из этого правила есть и исключения.

Сами резьбовые твердосплавные резцы изготавливаются с напайными или сменными многогранными пластинами. Применение сменных многогранных пластин повышает экономическую эффективность процесса резбонарезания. Конструкция сменной многогранной резбонарезной пластины, ставшая сегодня классической, представляет собой трехгранную пластину, на каждой грани которой имеется режущая кромка, совпадающая по форме с полным профилем резьбы (рис. 2,а).



а)



б)

Рис. 2,а,б. Одновременное нарезание наружной и внутренней резьбы (б) резцами со сменными многогранными резбонарезными пластинами (а)

Пластина располагается на державке горизонтально. Пластины для наружной и внутренней резьбы одинаковы по конструкции и отличаются только расположением кромок (рис. 2,б).

В программах крупных инструментальных фирм представлены пластины для нарезания большинства типов резьб. Например, в производственной программе фирмы KENNAMETAL HERTEL представлены все рассмотренные выше типы резьб общемашиностроительного сортамента.

Конструкция самих резцов различается, как правило, только способом крепления пластины. Например, в системе LT фирмы KENNAMETAL HERTEL на каждой державке возможно альтернативное крепление пластины либо винтом, либо прихватом. В той же фирме пластины для нарезания внутренних резьб крепятся винтом, а пластины для наружных резьб - косой тягой, аналогично креплению Fix-Perfect. В обеих системах стандартно выпускаются все общепринятые типоразмеры державок и борштанг для нарезания наружных и внутренних, правых и левых резьб. Пластины двух систем ограниченно взаимозаменяемы.

Для резьб нефтяного сортамента выпускаются также аналогичные по конструкции пластины, но с другим количеством кромок или с несколькими зубьями на каждой грани пластины аналогично резьбовым гребенкам

В обеих системах возможна замена подкладки под пластину (из стандартного предлагаемого ассортимента) для изменения угла подъема винтовой линии нарезаемой резьбы. Стандартные подкладки, которыми комплектуются все державки, обеспечивают нарезание резьбы с углом подъема винтовой линии 1,5 градуса. Для обработки резьбы с другим углом подъема винтовой линии необходимо заказать другую подкладку. Стандартно выпускаются подкладки для изменения угла подъема винтовой линии в диапазоне от -1,5 до +3,5 градусов. Высота режущей кромки для всех подкладок остается неизменной.

Как дополнение к системам инструмента с горизонтально расположенными трехгранными пластинами для резьб с большими шагами и для особых случаев применения, например, при нарезании резьб нефтяного сортамента, применяются конструкции инструмента с вертикальным расположением пластины, например, система Top-Notch фирмы KENNAMETAL HERTEL. В этой системе применяются специальные резьбообразующие пластины с одним или несколькими зубьями, закрепляемые прихватом в специальную канавку на пластине.

В зависимости от расположения суппорта станка (верхний или нижний), типа резьбы (правая или левая) и типа державки выбирается направление вращения шпинделя и направление движения подачи.

Большое влияние на качество поверхности резьбы, стойкость пластины и получаемую стружку оказывает способ врезания при многопроходном нарезании резьбы. Наиболее простой способ радиального врезания заставляет пластину работать сразу двумя сторонами, что равномерно нагружает пластину

ину, но приводит к образованию трудно контролируемой V-образной стружки и к ухудшению качества обработанной поверхности. При подаче вдоль боковой стороны профиля стружка становится геометрически определенной и лучше контролируемой, улучшается качество поверхности. При отклоненном врезании вдоль боковой стороны увеличивается стойкость пластины за счет снижения трения на режущей кромке. Для еще большего увеличения стойкости при обработке крупных резьб применяется метод врезания по боковой стороне с изменением стороны врезания.

### **Обработка резьбы резьбовой гребенкой**

Нарезание резьбы резьбовыми гребенками определяется как винтовое точение, применяемое для изготовления резьбы с помощью инструмента, имеющего несколько резьбовых профилей, ориентированных в направлении подачи. Резьбовыми гребенками нарезается однозаходная и многозаходные внутренние и наружные резьбы.

На резьбовой гребенке резьбовые профили располагаются в ряд, расстояние между ними соответствует шагу резьбы. Резьба такими гребенками изготавливается за один проход, так как гребенки, как правило, имеют заборный и профилирующий участки.

В зависимости от установки по отношению к детали, гребенки делятся на тангенциальные и радиальные. Как и при нарезании резьбы резцами, в качестве резьбовых гребенок чаще используются дисковые профильные резцы. Применение твердого сплава привело к появлению сменных многогранных пластин, режущая часть которых выполнена в виде резьбовой гребенки. Такое решение имеется как для плосколежащих пластин, так и для пластин типа Top-Notch. Такими пластинами нарезаются, как правило, резьбы нефтяного сортамента, в первую очередь резьбы на обсадных трубах (типа Батресс) и на насосно-компрессорных трубах (круглая резьба API).

### **Нарезание резьбы плашкой и резьбонарезной головкой**

Нарезание резьбы плашками определяется как винтовое точение для изготовления резьбы с помощью многозубого инструмента, имеющего направление подачи и направление главного рабочего движения (глубокого резания) много зубьев. К этому определению подходят только нарезание резьбы плашками, воротками (хлуппами) и резьбонарезными головками. Плашка имеет, как правило, неразъемную конструкцию, хотя применяются и разрезные плашки, вставленные в державку. С помощью регулировочного винта, находящегося в державке напротив разреза в плашке, можно регулировать в небольших пределах диаметр резьбы.

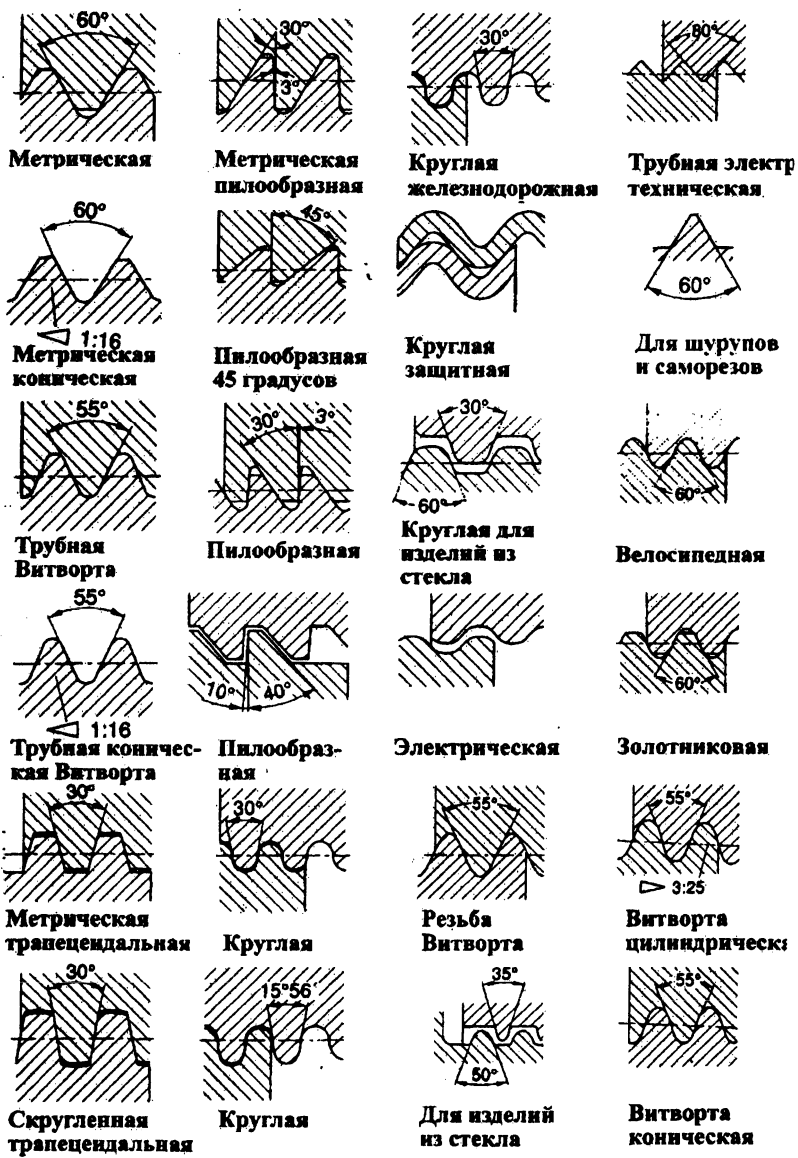


Рис.3. Полная гамма резьб, применяемых в промышленности

Плашки применяются для нарезания резьб с невысоким качеством поверхности и точностью. Подача осуществляется самой плашкой. Во избежание несоосности необходимо обеспечить перпендикулярность положения инструмента при врезании и прямолинейность направления. Передний угол выбирается в зависимости от обрабатываемого материала, угол заборной части на обеих сторонах плашки составляет, как правило, 60 градусов, при обработке цветных металлов — 90 градусов, при обработке труднообрабатываемых материалов — 45 градусов. Нарезание резьбы плашками имеет ограничения; нарезание резьбы диаметром более 30 мм и шагом более 4 мм на сплошных заготовках крайне затруднительно. В таких случаях плашки применяются только для калибрования резьбы. В производственной программе фирм, выпускающих плашки, в обязательном порядке присутствуют плашки для нарезания всех резьб общемашиностроительного сортамента, а также для многих не столь распространенных резьб. К примеру плашки с наружной поверхности в виде шестигранника (а не круглой) под ключ. Такие плашки применяются для восстановления и калибрования резьбы. Недостатком метода изготовления резьбы плашками является появление погрешностей шага при большой длине резьбы. Профиль резьбы, получаемый после врезания, принимает на себя полностью усилия подачи, в результате которых могут возникнуть деформации как резьбы, так и заготовки. Кроме того, возможно появление несоосности и ухудшение качества поверхности резьбы, особенно при обработке вязких материалов. Отвод плашки производится по уже нарезанной резьбе, что приводит к увеличению вспомогательного времени и к возможности повреждения резьбы. Клуппы (воротки) имеют схожую с плашками конструкцию и также применяются для ручного нарезания резьбы. Они имеют четыре радиально или тангенциально расположенные гребенки. Гребенки являются сменными и регулируемы. Благодаря этому можно нарезать резьбы различных диаметров и шагов. Другой особенностью конструкции клуппа является то, что после нарезания резьбы он открывается и нет необходимости в отводе по готовой резьбе. Подача, как и для плашки, осуществляется самим клуппом. Клуппом можно нарезать более крупные резьбы, чем плашкой.

Резьбонарезные головки по своей конструкции аналогичны клуппам, но предназначены для машинного нарезания резьбы. В зависимости от типа и расположения гребенок различают резьбонарезные головки с радиальными и тангенциальными плоскими гребенками и с круглыми гребенками. Головки первого типа компактнее и проще других головок. Однако надо учитывать также особенности применения головок. Гребенки всех типов устанавливаются в головке всегда выше центра на некоторую величину. В результате та-

кой установки возникающие упругие и пластические деформации материала заготовки образуют контактные площадки между резьбовыми поверхностями нарезаемой детали и профильными поверхностями резьбовых элементов гребенок. Эти контактные площадки обеспечивают центрирование и подачу резьбонарезной головки. Чем больше эти площадки, тем меньше погрешности резьбы. Величина площадок зависит от типа и состояния гребенок. Для головок с радиальными гребенками величина площадок уменьшается по мере переточек, что делает сами гребенки недолговечными. Резьбонарезные головки с тангенциальными головками имеют более сложную конструкцию. Эти головки имеют наибольшую величину контактных площадок и, следовательно, наилучшие условия самоподачи. Поскольку переточка гребенок осуществляется с торцевой стороны, то искажения профиля отсутствуют. Резьбонарезные головки с круглыми гребенками также допускают большое количество переточек. Эти гребенки более технологичны и компактны, но имеют наименьшую величину контактных площадок. Резьбонарезные гребенки имеют многопрофильную режущую часть с режущими и направляющими зубьями с заборной частью. Геометрия резания (передние углы) выбирается в зависимости от обрабатываемого материала. Для сокращения вспомогательного времени применяются самооткрывающиеся головки. Они бывают с жестким креплением или вращающиеся. При перемещении головки до упора, соответствующего длине нарезаемой резьбы, гребенки раскрываются и головка отводится на ускоренном ходу, не повреждая нарезанную резьбу. Наиболее часто применяемой является схема обработки на резьбонарезном станке с самооткрывающимися вращающимися резьбонарезными головками при неподвижной заготовке. Станок, на котором установлена резьбонарезная головка, должен соответствовать повышенным требованиям по биению шпинделя и соосности детали и головки.

Методы формирования резьб фрезерованием, шлифованием, накатыванием и другими способами и инструментами достаточно широко освещены в литературе, а некоторые специальные резьбы (в зависимости от их служебного назначения и применения в системе «Резьба ISO») и способы их формирования будут освещены в дальнейших публикациях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Обработка резьбы ИТЦ «Технополис 2100» // Оборудование, рынок, предложение, цены, Вып.2.–2003.–48с.
2. Режимы резания металлов: Справочник /Л.А. Брехман, А.И. Гдалевич и др. –М.: НИИТавтопром, 1995.–456с.
3. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник /В.И.Баранчиков, А.В. Жаринов и др. –М.: Машиностроение, 1990.–



100с. 4. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: в 2т. Т.2 /А.Д.Локтев, И.Ф.Гущин, Б.Н.Балашов и др. – М.: Машиностроение, 1991.–304с.

УДК 621.7.011.56

П.И. Сагайда

## **ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ АСУ КЕРАМИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ**

*Донбасская государственная машиностроительная академия,  
Краматорск, Украина*

АСУ сложными технологическими комплексами (ТК), каковым является керамическое производство [1], в настоящее время работают в условиях нечетко определенных критериев эффективности функционирования и оптимизации управляемых процессов и систем управления, нечетких ограничений и неопределенных возмущений, вносимых окружающей ТК средой, недостоверными показаниями датчиков, учитываемыми и неучтенными помехами. Эффективно функционировать в таких условиях, быть адаптивными, а в некоторых случаях и просто сохранять работоспособность САУ могут лишь при условии их интеллектуализации на основе подсистем поддержки принятия решений и экспертных систем [2], а также других средств и методов искусственного интеллекта. Вместе с тем, общепринятая методология представления знаний о предметной области в экспертных системах в настоящее время отсутствует.

Вопрос выбора модели представления знаний часто сводится к нахождению баланса между декларативным («знать, что» — ДП) и процедурным представлением («знать, как» — ПП). ПП основано на предпосылке, что интеллектуальная деятельность есть знание о сущностях и о том, как можно использовать те или иные сущности; ДП — что интеллектуальная деятельность базируется на некотором универсальном множестве процедур, обрабатывающих факты любого типа [2]. Более подробно отличия, достоинства и недостатки двух подходов проанализированы в табл. 1. Необходимость в использовании достоинств ДП и ПП привело к использованию декларативных представлений с присоединенными процедурами. Как известно, фрейм — структура данных, предназначенная

для представления некоторой стандартной ситуации [2]; с каждым фреймом ассоциируется информация о том, как пользоваться данным фреймом, какие процедуры могут быть выполнены, каковы ожидаемые результаты, что делать в исключительных ситуациях и т.д. В табл. 2 проанализированы достоинства и недостатки двух таких подходов — фрейм-представления и объектно-ориентированного подхода (ООП). Проведенный сравнительный анализ показывает, что семантические и функциональные возможности обоих подходов сходны, однако существенным достоинством ООП является его интеграция в современные средства разработки программного обеспечения и операционные системы. Вместе с тем фрейм-представление является только лишь концепцией, которую необходимо каждый раз заново реализовывать с помощью средств разработки. По сути дела ООП является более последовательным и систематическим развитием идей, использованных в фрейм-представлениях, откуда следует предпочтительность использования ООП для решения поставленных в данной работе задач.

Таблица 1

Свойства обобщенных моделей представления знаний

| Свойства декларативного представления   | Свойства процедурного представления  |
|---|--|
| Используется знание сущностей (классифицированных наборов фактов из ПО)   | Используется знание наборов фактов из ПО   |
| Нет необходимости указывать способ использования конкретных фрагментов знаний   | Применяется знание о том, как можно использовать те или иные сущности (т.е. какие процедуры могут быть над ними выполнены) |
| Факты не зависят или слабо зависят друг от друга (знание сущностей не имеет глубоких связей с обрабатываемыми их процедурами) | Факты жестко зависят друг от друга (процедуры привязаны к обрабатываемым ими фактам)                                       |
| Процедуры для обработки фактов универсальны   | Процедуры зависят от обрабатываемых фактов   |
| Модификация и обучение осуществляется простым добавлением или устранением утверждений   | При модификации и обучении необходимо учитывать, каким образом используются утверждения                                    |

Применение ООП в системах с инженерией знаний предоставляет возможность естественной декомпозиции задачи на совокупность подзадач, пред-

ставляемых достаточно автономными программными агентами (модулями), работающими со знаниями, что особенно важно для практической работы в условиях экспоненциального роста количества взаимосвязей, характерного для современных систем, использующих знания.

Таблица 2

**Сравнительная характеристика фрейм-представлений  
и объектно-ориентированного программирования**

| <b>Критерий сравнения</b>   | <b>Возможности фрейм-представлений</b>  | <b>Возможности ООП</b>  |
|---|---|---|
| Аналогия в языках программирования  | Описание процедуры и вызов процедуры  | Описание класса и создание экземпляра класса (объекта)  |
| Обработка ситуации неполных данных  | Слотам фрейма могут быть приспаны значения по умолчанию   | Экземпляр класса инициализируется конструктором по умолчанию  |
| Поиск нужного фрагмента знаний  | Системы фреймов организуются в информационно-поисковую сеть   | Экземпляры классов содержат указатели на различные объекты памяти и информацию класса (специальные механизмы отличаются реализацией в разных средах разработки) |
| Организация иерархических конструкций                                     | Родственные фреймы связываются в систему, содержащую описание зависимостей между фреймами           | Классы могут порождать классы-потомки с новыми свойствами и методами; связи между сущностями также описываются классами   |
| Моделирование переходов состояний   | Данные в системе фреймов позволяют описать переход от состояния А (фрейм А) к состоянию Б (фрейм Б) | Данные об иерархии наследования классов позволяют описать переходы из одного состояния системы в другое и условия совершения этих переходов                     |
| Интуитивное понимание данного представления разработчиком и пользователем | Слабое (представление требует интерпретации в виде иерархических сетей)                             | Естественное (ООП соответствует восприятию реального мира, состоящего из объектов, обладающих атрибутами и умеющих реагировать на внешние воздействия)          |
| Развитие в составе современных информационных технологий                  | Слабое  | ООП имеет повсеместное развитие в современных ИТ  |
| Организация связей с существующими базами данных                          | Затруднена (требует разработки специальных интерфейсов)   | Реализована на уровне библиотек классов и стандартных драйверов   |

**Элементы объектно-ориентированной технологии и описания классов  
с точки зрения возможностей представления знаний о ПО  
и выполняемых утверждений**

| Элемент объектно-ориентированной технологии или описания классов                                 | Использование в ЭС   |
|--|--|
| Класс-родитель/класс-наследник   | Установление связей «главный/подчиненный», «общий/частный», наследование свойств и методов   |
| Поля класса  | Декларативное представление знаний   |
| Методы класса  | Процедурное представление знаний   |
| Свойства класса  | Смешанное представление знаний, установление связи «целое/часть» и использование семантических сетей   |
| Конструкторы и деструкторы   | Возможность создавать объекты со значениями и выполняемыми действиями «по умолчанию», выполнять дополнительные действия при завершении работы с объектами; рациональное использование памяти   |
| Обработчики событий  | Использование модулей, управляемых образцами   |
| Обработка исключительных ситуаций при помощи классов и организация защищенных программных блоков | Распознавание аварийных ситуаций, корректное завершение процедур и обработка аварийных ситуаций  |
| Программы, управляемые событиями   | Активация релевантных (требуемых) модулей (событий) в зависимости от ситуации; реализация производственных правил «если -> то -> иначе»  |
| Посылка и обработка сообщений  | Взаимодействие с другими приложениями, с объектами и службами операционной системы, с аппаратными средствами   |
| Потоки (параллельно выполняемые цепочки кода)  | Возможность организовать синхронизацию и параллельное выполнение различных задач ЭС, а также: <ul style="list-style-type: none"> <li>- назначение приоритета выполнения (аналог коэффициента определенности во фреймовом представлении);</li> <li>- определение частоты использования потока (с помощью счетчика обращений);</li> <li>- определение среднего времени выполнения (для поиска нужных процедур).</li> </ul> |

Исходя из другого классификационного критерия, разрабатываемую модель представления знаний можно назвать эвристической, т.к. в отличие от формальных производственных систем, использующих небогатый набор синтаксических правил формальной теории для дедуктивного или индуктивного выво-

ли, должна обладать разнообразным набором средств, передающих специфические особенности адаптивного управления керамическим производством.

С точки зрения возможностей представления знаний о предметной области (керамическом производстве) и выполняемых утверждений в данной работе рассмотрены известные элементы объектно-ориентированной технологии и описания классов (на примере модели ООП в Borland Delphi). Результаты исследования приведены в табл. 3.

Таким образом, можно сделать вывод, что для построения эффективной экспертной системы реального времени в составе АСУ керамическим производством для представления знаний о предметной области целесообразно использовать объектно-ориентированный подход как наиболее отражающий структурные и функциональные связи и ограничения реального мира и позволяющий проще интегрировать современные информационные технологии в аппаратные и программные средства АСУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мороз И.И., Сидоренко А.И., Мороз Б.И. Совершенствование производства фарфоро-фаянсовых изделий. – К.: Техника, 1988. – 272 с. 2. Попов В.В. Статические и динамические экспертные системы. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с. 3. Калянов Г.Н. Структурный системный анализ. – М.: Лори, 1996. – 356 с.

УДК 621.789-977

Н.А. Сакович

### **ВЛИЯНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЕЛИЧИНУ МИКРОНАПРЯЖЕНИЙ В МЕТАЛЛОПОКРЫТИЯХ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Микронапряжения или остаточные напряжения второго рода находятся в непосредственной связи со статической и динамической прочностью материалов. Поэтому определение величины и характера распределения напряжений в металлопокрытиях, упрочненных поверхностной высокотемпературной термомеханической обработкой (ПВ ТМО) с различными режимами деформирования, представляет интерес в связи с тем, что уровень остаточных

напряжений в металлопокрытиях влияет на технологические и эксплуатационные свойства материалов.

Сущность ПВ ТМО заключается в пластическом деформировании поверхностных слоев при температуре аустенизации в процессе индукционного нагрева и немедленной закалки.

С учетом дислокационно-энергетической теории прочности металлов и сплавов, основным критерием оптимизации технологических параметров ПВ ТМО является тонкая кристаллическая структура.

В качестве объекта исследования была выбрана сталь 40Х, наплавленная проволокой НП-65 под слоем легированного флюса (С-0,51%, Cr-2%, Mn-0,91%, Si-0,46%).

Выбор способа наплавки и наплавочных материалов обусловлен их массовым применением в ремонтном производстве.

Наплавку производили на заготовку цилиндрической формы, применяя стандартное оборудование.

ПВ ТМО проводилась по схеме: нагрев до температуры 1210...1230°К, поверхностная пластическая деформация путем обкатки роликом и немедленная закалка с последующим низкотемпературным отпуском.

Для нагрева заготовок использовалась высокочастотная установка ЛЗ2-67.

ПВ ТМО осуществляли путем обкатки роликом с усилием обкатки 3000Н. Технологические параметры были следующие: диаметр ролика — 100 мм, радиус деформирующей части ролика — 10 мм, частота вращения заготовки — 320 мин<sup>-1</sup>, продольная подача — 0,95 мм/об.

Для получения сравнительных результатов часть образцов упрочняли закалкой с нагревом токами высокой частоты по тому же температурному режиму, но без деформирования.

Изучение тонкой кристаллической структуры металлопокрытий, подвергнутых закалке и ПВ ТМО производилось путем рентгеноструктурного анализа методом аппроксимации на установке «Дрон 0,5». Известно, что в результате пластической деформации или закалки интерференционные линии на рентгенограммах получают поперечное размытие, которое может быть вызвано напряжениями второго рода и уменьшением размеров областей когерентного рассеивания рентгеновских лучей.

Величина блоков мозаики (областей когерентного рассеивания рентгеновских лучей) и напряжения второго рода оказывают существенное влияние на прочностные и эксплуатационные характеристики металла. Для сталей и сплавов с высокой прочностью характерно наличие больших искажений кристаллической решетки и дисперсности блоков.

Темплеты для исследования вырезались абразивным кругом из образцов, подвергнутых ПВ ТМО и закалке. С наружной поверхности образцов был предварительно сошлифован слой металлопокрытия толщиной 0,5 мм. Затем образцы подвергались травлению в растворе (0,25HNO<sub>3</sub> и 0,75HCl), чтобы устранить влияние шлифования на тонкую кристаллическую структуру поверхностного слоя.

Рентгеновская съемка велась в кобальтовом излучении с вращающихся образцов, установленных в держателе гониометрической головки.

Так как величина блоков мозаики определялась по уширению передней линии, а напряжения второго рода по уширению задней линии, то в соответствии с материалом образцов для исследования были выбраны линии (110) $\alpha$  и (220) $\alpha$ .

Кроме того, для контроля снималась линия (221) $\alpha$ . С каждого образца производилось 2–3 записи интенсивности интерференционных линий, по которым в дальнейшем подсчитывалось среднее значение истинного физического уширения.

Все использованные в расчетах материалы взяты из литературных данных [1].

Остаточные напряжения второго рода, т.е. микронапряжения, соответствующие этим искажениям, можно определить в предположении линейного напряженного состояния по формуле Секито.

$$G = E \cdot \frac{\Delta d}{d},$$

где  $E$  — модуль упругости;  $\Delta d$  — максимальное отклонение параметра кристаллической решетки от его среднего значения ( $d$ ).

Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Определение остаточных напряжений у образцов, закаленных и упрочненных ПВ ТМО

| Способ упрочнения | Расстояние от поверхности (мм) | $\frac{\beta_2}{\beta_1}$ | $\frac{n_2}{b_2}$ | $n_2$ | $\frac{\Delta d}{d} \cdot 10^{-3}$ (рад) | $\sigma$ МПа |
|-------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------|-------|--|--------------|
| Наплавка+закалка  | 0,5                            | 1,8                       | 0,051             | 0,370 | 0,298                                    | 98           |
| Наплавка+ПВ ТМО   | 0,5                            | 2,6                       | 0,440             | 4,015 | 0,353                                    | 652          |

Как видно из табл. 1 остаточные напряжения второго рода у образцов, упрочненных ПВ ТМО значительно выше, чем у закаленных, что, в конечном итоге, сказывается на повышении эксплуатационных характеристик металлопокрытий, в частности на сопротивлении изнашиванию [2].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горелик С. С. Расторгуев Л. Н. Сканов Ю. А. Рентгенографический и электронографический анализ металлов. - М.:Металлургия, 1963. - 256 с. 2. Беляев Г.Я., Сакович Н.А. Триботехнические свойства металлопокрытий, упрочненных поверхностной термомеханической обработкой // Машиностроение. – Мн., 2000. – Вып.16 – С.149-153.

УДК 621.9.01 (075.8)

**И.П.Филонов, Л.В.Курч, П.П.Чепик, А.М.Даабуб**

### **РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ТОРЦОВО-ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

При обработке крупногабаритных корпусных деталей часто вызывает затруднение обработка труднодоступных внутренних торцово-цилиндрических поверхностей. Стандартным решением данной проблемы является использование расточных головок, подробно описанных в [1,2]. Однако данные инструменты имеют низкую производительность процесса резания и характеризуются высокой сложностью конструкции, а соответственно и высокой ценой их изготовления.

Авторами была разработана новая конструкция инструмента и схема обработки. Цель разработки заключается в расширении технологических возможностей и повышении производительности процесса получения внутренних торцово-цилиндрических поверхностей корпусных деталей, доступных для обработки через выходящее наружу отверстие, соосное с ними.

Поставленная цель достигается за счет использования двух инструментов, режущие элементы основного из которых расположены равномерно по окружности вокруг центра вращения, а у дополнительного режущие элементы занимают лишь некоторый сектор окружности, имеющей диаметр, больше чем у основного. Необходимость в дополнительном инструменте зависит от конкретных конструктивных размеров изделия.

На рис. 1 изображено несколько вариантов обрабатываемых поверхностей, принадлежащих корпусным деталям.



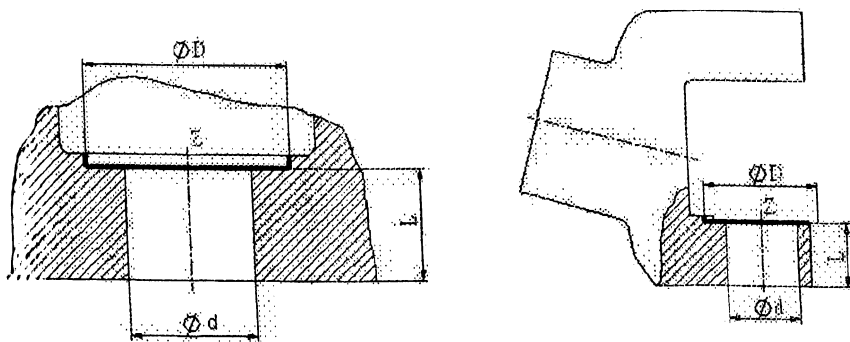


Рис. 1. Примеры обрабатываемых поверхностей

Обрабатываемые поверхности имеют наружный диаметр  $\Phi D$  и на рис. 1 обозначены сплошной толстой линией. Технология обработки данных поверхностей состоит из нескольких операций, осуществляемых в следующей последовательности. Через отверстие  $\Phi d$  во внутреннюю полость заготовки с вращением или без него вводится инструмент, ось вращения которого совпадает с осью  $Z$ , а режущие лезвия направлены к шпинделю станка. При вращении инструмента производится круговая обработка представленных на рис. 1 поверхностей за счет согласованного перемещения по осям  $X$  и  $Y$ . Инструмент имеет главный угол в плане  $\varphi = 90^\circ$ .

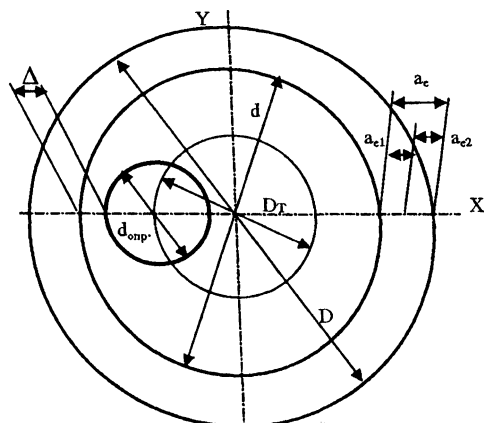


Рис. 2. Расчетная схема

Необходимость в дополнительном инструменте определяется следующим образом. На рис.2 изображена расчетная схема, где исходными для расчета данными являются:

$d$  — диаметр выходящего наружу отверстия,

$D$  — диаметр обработки,

$L$  — длина отверстия.

Диаметр инструмента определяется по зависимости (1):

$$d_{\text{инстр.цех}} = d - 1 \text{ мм} \quad (1)$$

Ширину обработки находим по формуле (2):

$$a_e = 0,5(D - d) \quad (2)$$

Ширина обработки накладывает ограничения на диаметр оправки  $d_{\text{опр}}$  в соответствии с выражением (3):

$$0,5(d_{\text{инстр}} - d_{\text{опр}}) = a_e + \Delta, \quad (3)$$

где  $\Delta$  — необходимый зазор между оправкой и отверстием. Принимаем  $\Delta_{\text{min}} = 0,2$  мм. Выражая диаметр оправки из уравнения (3), получаем:

$$d_{\text{опр}} = d_{\text{инстр}} - 2(a_e + \Delta) = d_{\text{инстр}} - (D - d + 2\Delta) \quad (4)$$

Диаметр оправки должен удовлетворять на прочность при изгибе с вылетом инструмента  $L + 10$  и при скручивании от усилий резания. При недостаточном диаметре оправки разбиваем ширину обработки на две части —  $a_{e1}$  и  $a_{e2}$  — и вводим дополнительный инструмент.

Необходимо также, чтобы выполнялось условие:

$$d_{\text{инстр}} < d \quad (5)$$

Для основного инструмента получаем диаметр обработки  $D_1$ :

$$D_1 = d_{\text{инстр}} - (d_{\text{опр.1}} - d + 2\Delta), \quad (6)$$

где  $d_{\text{опр.1}}$  — диаметр оправки, удовлетворяющий прочности;

$$a_{e1 \text{ max}} = 0,5(d_{\text{инстр}} - d_{\text{опр}}) - \Delta_{\text{min}} \quad (7)$$

Дополнительный инструмент представляет собой круговой сектор инструмента, по конструкции и схеме резания эквивалентного первому. Введение его в отверстие диаметра  $d$  осуществляется без вращения, а ось оправки параллельна оси  $Z$ . Габаритные размеры оправки и кругового сектора должны обеспечить беспрепятственный ввод инструмента в отверстие с эксцентриситетом относительно его оси. В пределах габаритных размеров кругового

сектора размещаем максимально возможное количество режущих зубьев, причем конструкция должна предусматривать их регулирование в радиальном и торцевом направлениях. Для обеспечения одинаковой подачи на зуб каждый режущий элемент, начиная со второго, выставляется в радиальном направлении дальше, чем предыдущий, на величину  $K_{n,n-1}$ , рассчитываемую по формуле (7)

$$K_{n,n-1} = S_0(1/z - \alpha/360), \quad (7)$$

где  $S_0$  — подача на оборот, мм/об:

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (8)$$

где  $S_z$  — подача на зуб (мм/зуб);  $z$  — число зубьев;  $\alpha$  — угол ( $^\circ$ ) между соседними зубьями (шаг зубьев).

После введения без вращения ось оправки совмещается с осью  $Z$  отверстия и включаются обороты шпинделя. При этом радиус расположения режущих элементов должен удовлетворять условию:

$$R_{p.z,max} = D_1/2 - 0,5 \text{ мм} \quad (9)$$

Далее аналогично движениям основного инструмента осуществляем круговую обработку путем согласованного перемещения по осям  $X$  и  $Y$ .

Траекторией оси инструмента является окружность следующего диаметра:

$$1) \text{ основного: } D_{T1} = D_1 - d_{инстр} = d + 2a_{el} - d_{инстр};$$

$$2) \text{ дополнительного: } D_{T2} = D - 2R_{p.z}.$$

Выведение инструментов из отверстия после обработки осуществляется в обратной последовательности их введения.

Вышеприведенная последовательность выполнения технологических операций и новая конструктивная схема вспомогательного инструмента позволяют обрабатывать труднодоступные внутренние торцово-цилиндрические поверхности с большей производительностью и при наличии большего перепада диаметров  $D=D-d$  по сравнению с традиционно используемыми инструментами и методами обработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.М.Дальского, А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 2001. - Т.2. - 944 с. 2. Каталог продукции фирмы NAREX PRAHA (Чешская Республика) «Расточные инструменты». - 2003. - 17 с.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ  
ПРОКАТКИ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В настоящее время в машиностроении методом поперечно-клиновой прокатки (ПКП) изготавливается широкая номенклатура изделий типа тел вращения с удлиненной осью. Их конфигурация может быть самой разнообразной: цилиндрические, конические и сфероидальные поверхности со всевозможными канавками и выступами. Методом ПКП могут обрабатываться практически все конструкционные стали, ряд инструментальных сталей, а также сплавы на основе меди, титана, никеля, циркония. В процессе эксплуатации прокатанные изделия отличаются более высокой прочностью и износостойкостью. За один проход инструмента диаметральные размеры могут быть уменьшены в 4–8 раз. При этом обеспечивается изготовление деталей или полуфабрикатов диаметром от 2 мм до 120 мм длиной от 40 мм до 1000 мм, максимально достигаемая точность 0,01 мм (на диаметре 7 мм), максимально достигаемая шероховатость поверхности —  $Ra=0,6$  мм.

В металлообрабатывающей промышленности технологии, базирующиеся на использовании метода ПКП, используются для производства промежуточных профилированных заготовок под последующую точную штамповку или иные процессы пластического формообразования, а также под чистовую механическую обработку. Кроме того, существует достаточно обширная группа изделий, например, валы и оси в сельхозмашиностроении, для которых данный метод позволяет получить готовую деталь.

ПКП относится к объемным задачам обработки металлов давлением, трудно поддающимся теоретическому описанию вследствие того, что очаг деформации постоянно вращается вокруг оси заготовки и при этом перемещается вдоль её оси. Деформации и напряжения при прокатке характеризуются значительной неоднородностью, и их экстремальные сочетания могут сопровождаться существенной деградацией пластических свойств металла. Это приводит к вязкому разрушению в осевой области прокатываемого изделия, известному в технике как эффект Маннесмана.

Для упрощения задачи исследования напряженно-деформированного состояния и лучшего понимания процессов, происходящих в очаге деформации, объект исследования можно свести к плоско-деформированному со-

стоянию. Это состояние абсолютно точно реализуется при поперечной прокатке (ПП) бесконечного цилиндра, или приближенно при прокатке по всей длине цилиндра с отношением длины к диаметру более двух.

Рассмотрим особенности поля линий скольжения при ПП (рис. 1). Жесткая область  $KNL'$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг центра  $O_1$ , область  $LPK'$  — вокруг центра  $O_2$ . Проекция расстояния  $O_1O_2$  на контакт равна параметру  $S$ . Направления линий скольжения  $\alpha$  и  $\beta$  определены решением [1].

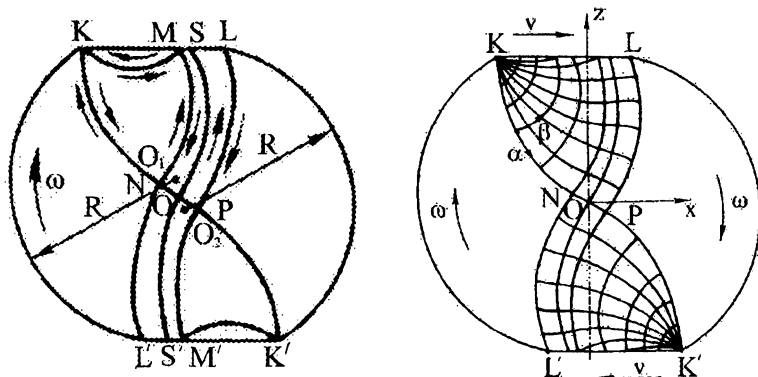


Рис.1. Поле линий скольжения при ПП при степени обжатия 1,10

Вдоль  $\alpha$ -линии скольжения  $KNK'$  реализуется разрыв скорости  $v_1$ , вдоль  $\beta$ -линий скольжения  $MNL'$  и  $LPM'$  — разрывы скорости  $v_2$ . Из условия симметрии разрывы скорости по линиям  $MNL'$  и  $LPM'$  равны. В точках  $M$  и  $M'$  разрывы скорости отражаются от контакта и согласно теории пластичности (условие непрерывности нормальной компоненты) вдоль  $\alpha$ -линий  $KM$  и  $K'M'$  должны возникнуть разрывы скорости  $v_3$ :

$$v_3 = -\operatorname{ctg}\varphi v_2. \quad (1)$$

Линия скольжения  $КОК'$  в точке  $O$  меняет знак кривизны. В итоге в соответствии с первой теоремой Генки все линии скольжения, пересекая  $\beta$ -линию  $SOS'$ , должны менять знак кривизны.

Положение центров вращения жестких частей  $O_1O_2$  могут быть определены методом верхнеграницной оценки [2], при использовании положения второй теоремы аналитических методов решения задач пластического течения о том, что среди всех кинематических допустимых полей скоростей действительным полем будет то, для которого мощность поверхностных сил на заданных скоростях принимает минимальное значение.

Координаты узловых точек равноугольного поля могут быть определены численно с использованием известных [1] формул. Численное построение поля линий скольжения производится следующим образом. Задаются параметры  $\varphi_1$  и  $\delta$  [1]. По известным формулам [1] рассчитываются величины  $C, R, R_1, \varphi_0$ . Линия скольжения KNO задается в виде уравнения:

$$Az^3 + Bz^2 + Cz + D = x. \quad (2)$$

Из четырех неизвестных  $A, B, C, D$ , входящих в уравнение (2), могут быть определены только три, так как известны координаты точек  $O$  и  $K$  линии KNO. Таким образом, представляется возможность варьирования одним неизвестным с тем, чтобы вдоль линии KNO и  $PP'$  наилучшим образом выполнялось условие уравнения Гейрингера

$$du_\alpha - u_\beta d\varphi = 0 \quad \text{вдоль направления а-линии;} \quad (3)$$

$$du_\beta - u_\alpha d\varphi = 0 \quad \text{вдоль направления б-линии.}$$

В точке  $P'$  определяется угол наклона линии  $PP'$ . Уравнение линии  $P'L$  задается в виде

$$A_1 z^3 + B_1 z^2 + C_1 z + D_1 = x. \quad (4)$$

Из четырех неизвестных  $A_1, B_1, C_1, D_1$  можно определить три: координаты точек  $L, P'$  и угол наклона линии в точке  $P'$ . Четвертый неизвестный параметр уравнения варьируется для выполнения условия уравнения Гейрингера вдоль линии  $P'L$ .

Окончательное построение поля линий скольжения заканчивается вычислением узлов сетки поля в области  $K, P'L$ . Абсолютные значения напряжений в узлах сетки линий скольжения находятся с использованием известных уравнений [1].

Скорости деформации могут быть определены по полю скоростей с использованием известных [1] зависимостей:

$$\xi_x = \frac{\partial V_x}{\partial x}; \quad \xi_z = \frac{\partial V_z}{\partial z}; \quad \eta_x = \frac{\partial V_x}{\partial z} + \frac{\partial V_z}{\partial x}; \quad (5)$$

$$H = \sqrt{\frac{3}{4}(\xi_x^2 + \xi_z^2 - \xi_x \xi_z) + \eta_x^2}.$$

Таким образом, численно построенное поле линий скольжения (рис. 1) позволяет получить исчерпывающую информацию о напряжениях и деформациях в пластической области.

Отметим уникальную ситуацию на оси образца при ПП. При постоянном обжатии напряжения на оси неизменны по величине и направлению (относительно инструмента), а деформации накапливаются пропорционально вращению заготовки, — и все это происходит локально в одной и той же материальной частице металла. Именно в этой области происходит разрушение металла.

Таким образом, исследуя состояние указанной частицы материала, представляется возможным проследить историю деградации пластических свойств материала от исходного состояния до ее разрушения. При этом изменением степени обжатия можно достичь в определенном диапазоне изменения напряжений на оси.

Экспериментально определено, что вскрытие осевой полости при ПП наблюдается для каждого материала при заданных температурно-скоростных условиях и для конкретной степени обжатия после определенного количества циклов нагружения (один цикл нагружения соответствует половине оборота заготовки). Повторяемость результатов экспериментов настолько высока, что нами было предложено использовать это явление как метод определения пластических свойств металлов.

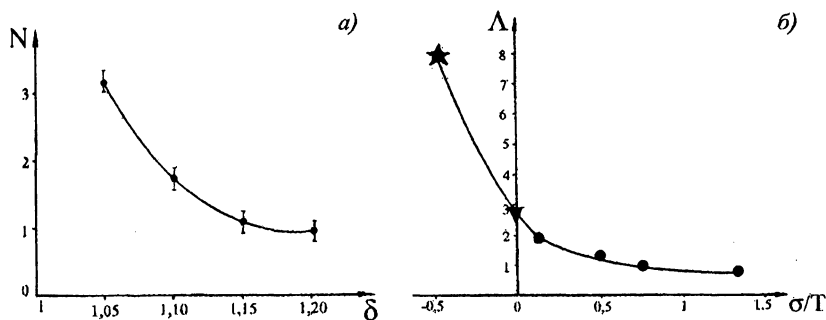


Рис. 2. Экспериментальная зависимость количества циклов нагружения  $N$  до вскрытия полости при поперечной прокатке алюминия АД-1 от степени обжатия  $\delta$  (а) и диаграмма пластичности алюминия АД-1 при комнатной температуре (б)

На рис. 2а показана экспериментальная зависимость количества циклов нагружения  $N$  при прокатке в условиях комнатной температуры алюминия

АД-1 от степени обжатия  $\delta = D/H$ , где  $D$  — исходный диаметр,  $H$  — расстояние между инструментами. На рис. 2б показаны результаты математической обработки экспериментальных результатов: по оси абсцисс отложены значения накопленных до разрушения деформаций  $\Lambda_{пр} = \int H dt$ , где  $\Lambda_{пр}$  — предельная степень интенсивности сдвига,  $H$  — интенсивность скорости деформации сдвига,  $t$  — время; по оси ординат отложены значения отношения  $\sigma/T$ , где  $\sigma$  — среднее нормальное напряжение,  $T$  — корень квадратный из второго инварианта девиатора тензора напряжений.

Точки «•» зависимости (кривая рис. 2б) отражают экспериментальные параметры, при которых наблюдалось вскрытие полости (кривая рис. 2а). Алюминий АД-1 так же подвергался испытанию на кручение и равноканальное угловое прессование [3], т.е. при иных, чем при ПП, значениях  $\sigma/T$ . Результаты показаны на рис. 2б точками «» и «», соответственно.

Все точки хорошо ложатся на кривую рис. 2б, отражающую зависимость пластических свойств материала от напряженного состояния, названную в литературе диаграммой пластичности. Отметим, что все три вида испытания: ПП, кручение и равноканальное угловое прессование осуществляются при постоянном параметре  $\sqrt[3]{J_3(D_\sigma)}$ , где  $J_3(D_\sigma)$  — третий инвариант девиатора тензора напряжений. Нами показано, что параметр  $\sqrt[3]{J_3(D_\sigma)}$  так же оказывает влияние на пластические свойства металла, в связи с чем представленная диаграмма пластичности (рис. 2б) является частью (точнее ортогональным сечением) объемной поверхности пластичности  $\Lambda_{пр} = \Lambda_{пр}(\sigma/T, \sqrt[3]{J_3(D_\sigma)})$ .

Экспериментально установлено, что предельная степень интенсивности сдвига  $\Lambda_{пр}$  — величина не постоянная и отвечает нормальному закону распределения Гаусса. И как следствие, явление вскрытия осевой полости носит определенный вероятностный характер и может математически прогнозироваться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шукин В.Я. Основы поперечно-клиновой прокатки. — Минск: Наука и техника, 1986. — 223с.
2. Кожевникова Г.В. Метод расчета усилий поперечной прокатки с деформационным упрочнением // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. — 2000. — № 4. — С. 45–50.
3. А.с. 492780 (СССР) Устройство для упрочнения материала давлением / Сегал В.М., Шукин В.Я. — Оpubл.: Б.И. — 1975. — № 3.



**AN EXPERT SYSTEM FOR NEW APPROACHES FOR  
DEVELOPMENT CONCURRENT DESIGN FOR ASSEMBLY  
AND MANUFACTURING PROCESSES**

*Belarusian national technical university  
Minsk, Belarus*

**Abstract**

An expert System construction on technological operations of machine parts processing is from the area of the information systems for the technology of the machine building. The important question in such a system construction is the collection and presentation of the information from different areas of science and technology in the multimedia format. The application of this information will be directed on the users from one area of the technology, i.e. for engineers-technologists of the machine-building profile. Main principles of expert system development and software realization have been stated. The possibilities of the system offered to users by teaching tools have been given. Short descriptions of methods used for the info-system organization and models of the information presentation have been formed.

The main objective of the current research work is to construct an expert system to develop the theoretical bases that support new approaches for design for assembly and manufacture within a concurrent engineering environment.

The system gives users the possibility to assess and reduce the total production cost at an early stage during the design process. The system enables designers to select the most economic assembly and manufacture techniques and appropriate tools.

The system help designers to minimize the number of components of product and estimate assembly cost, assembly time and efficiency design.

**Keywords**

Technological process, Concurrent engineering, Design for assembly, Design for manufacture, Info-system, Internet-technology, Multimedia, Teaching tool, Computer-aided design, Expert system, Object-oriented programming.

**Introduction**

In today's increasing of competitiveness of products released by competitive product market the reduction of product manufacturing costs is of a great significant. Products become more complex and highly integrated.

There is no doubt of impact of product and process design on manufacturing cost, therefore, decisions made at this stage have direct impact on the product's manufacturing costs. Researchers estimate that more than 70% of product cost is defined during design stage [1].

Designers or design team find it increasingly necessary to have a system with a common language, independent of traditional engineering disciplines. The system should provide quick results and be simple and easy to implement. It should also allow free association of ideas, enable easy comparison of alternate design, ensure that solutions are evaluated logically, identify assembly and manufacture problems areas and suggest alternate approaches for improving the manufacturing and assembly of product.

Therefore, it is expedient to carry out search of new ways and methods of development of manufacturing and assembly methods in view of the opportunities given by the high-productivity tool and the equipment. However cost of the modern equipments and tools sometimes exceeds ten times than traditional cost. Without the detailed economic calculation which is taking into account all costs of the factory on a wages, cost of working areas, the electric power, capital investments and other parameters to calculate economic efficiency of a heading of the simplified approach at choice the tool when are oriented only on its cost, does not justify itself and can considerably reduce economic efficiency of used production engineering.

The objective of the present research it is to construct an expert system using Kappa-PC to develop and support the new approaches of design for assembly and manufacture which gives its users the possibility to asses and reduce the total production cost at early stage of the design process. Design for assembly and manufacture (DFAM) are now an accepted techniques and used widely throughout many large industries including Lucas, Mercedes Benz, Nissan motors, etc.

Experiences have shown that DFAM analysis provides much greater benefit than simply a reduction in assembly costs. Many examples are now available which show that the product simplification brought about by DFA analysis often leads to parts cost reductions that are significantly greater than the reduction in assembly costs [2]. In addition, to other cost reductions which are difficult to quantify. Examples of these would be reduction in inventory, reduction in record keeping, improvements in material flow and production flow and other benefits.

### **Problem situation**

The simplified approach at sampling the tool when are oriented only on its cost without taking into account productivity, durability and other parameters, does not justify itself and can considerably reduce economic efficiency of used production engineering. It conducts to rise in price of released products and accordingly to decrease of its competitiveness.

The increasing of techniques for assembly and manufacturing process, and increase the different estimation of efficiency economy for such process.

Solution of the above-stated tasks requires operating with the large volume of information, that is difficult for the designer because of the width and the variety of the existing data. The creation of the concentrated structured information as an expert system (teaching tool) with the sufficient volume for correct understanding and the possibility of easy operating with the presented data will allow technological personnel develop optimum technological processes and equipment satisfying given requirements.

The goal of the system construction is the increasing of the design effectiveness of the technological processes in the machine-building by optimum choice of the method of processing under given conditions.

There is a scientific and practical interest in forming expert system with multimedia elements of assembly and manufacturing processes. The important question in such a system construction is the collection and the presentation of the information from different areas of science and technology in multimedia format (video-films, pictures, description, etc.) with the use of the Internet-technologies [1]. The application of this information will be directed on the users from one area of technology, i.e. for engineers-technologists of machine-building profile. The ground for compiling the database on the methods of the machine parts processing is the world patent and research information, processed by experts for using in the determined area - the technology of the machine building [4].

The development of the expert system as teaching tool with multimedia elements about assembly and manufacturing processes with concentrated information on patents and research literature from different areas of science and technology will allow increasing the knowledge level of the technological personnel, the speed of the application of the advanced methods in the production, the new technological process development. Tasks have been solved by the system:

- decrease of the time expenses for the search of the technological methods for the given conditions;
- teaching the users (help in understanding) how to use the technological operations from different areas of science with the help of the multimedia and Internet-technologies;
- taking into account all possible methods of processing of the machine parts, including those from other areas of the science and technology;
- using a suitable dialogue interface;
- development of the detailed concentrated information on methods of processing with the graph- and video- explanation of the technological operation realization;

- the use of the expert and reference information on methods of processing functioning (including on equipment, technological modes and etc).

### **System capabilities**

The system has capability to help designer and user to quantify the following:

- Select methods of manufacture and assembly with the best technical and economical indexes.

- Select the right manufacturing tools and equipment.
- Reducing the number of parts of the designing product.
- Determine the design efficiency.
- Determine the manufacturing and assembly operations cost.
- Determine the manufacturing and assembly operations time.

### **Conclusions**

Developed new methods will allow:

1. To estimate the cost price of products at a stage of adoption of design solutions.

2. To lower expenses of production by development and introduction of new production engineering at the machine-building factories.

3. To facilitates communication between manufacturing, design engineering, decision-makers and others during design process.

### **REFERENCES**

1. Andresen, M.M., Kahler, S. and Lung, T. (1983). Design for assembly. IFS (Publications) Ltd./Springer Verlag. p.432.
2. Boothroyd, G. and Dewhurst, (1987). Product design for Assembly Handbook. Wakefield, RI.:Boothroyd Dewhurst, Inc.p.581
3. Филонов И.П., Курч Л.В., Вериго Е.Б., Политов И.А. Повышение эффективности применения Интернет-технологий в сферах образования и производства// Машиностроение.- Мн., 2000. - Вып. 16 - С.46-49.
4. Филонов И.П., Курч Л.В., Ревяко В.С., Шавель А.В. Использование интегрированных программных пакетов при проектировании и анализе технологических процессов// Машиностроение.- Мн., 2000.- Вып. 16.- С.55-58.

## **COST REDUCTION THROUGH DFA ANALYSIS WITH EXPERT SYSTEM CONSTRUCTION**

*Belarusian national technical university  
Minsk, Belarus*

### **Abstract**

Construction of Expert system for Design for Assembly (DFA) within a concurrent engineering environment is presented in this article. The main objective of the current research work is to develop an expert system using KAPPA-PC that supports new approach for design for assembly (DFA) and to give users the possibility to assess and reduce the total production cost at an early stage during the design process. The system enables designers to minimize the number of components of a product, select the most economic assembly technique for that specific product, determine the cost and time of assembly through product analysis, and determine the design efficiency.

### **Keywords**

Teaching tool. Concurrent Engineering, Computer-aided Design, Expert System, Design for Assembly, Object-oriented Programming.

### **Introduction**

At present in the world there is a steady growth of demand for the new technical solutions in the field of product development and their quickest implementation in the production. In Today's competitive product market the reduction of product manufacturing costs is of a great significant. Products become more complex and highly integrated. Designers or design teams find it increasingly necessary to have a system with a common language, independent of traditional engineering disciplines. Design for assembly (DFA) is now an accepted technique and used widely throughout many large industries including GEC, Mercedes Benz, NISSAN Motors, etc. Experiences have shown that DFA analysis provides much greater benefits than simply a reduction in assembly costs. DFA is a technique that leads to significant reductions in the overall manufacturing costs. Many examples are now available which show that the product simplification brought about by DFA analysis often leads to parts cost reductions that are significantly greater than the reductions in assembly costs [1,2]. In addition, to other cost reductions which are difficult to quantify. Examples of these would be reduction

in inventory, reduction in record keeping, improvements in material flow and production flow and other benefits.

There is a need for such DFA system that enables designers / manufacturing planners to effectively analyze the ease of assembly/subassembly of the products which they design, determine the cost and time of assembly through product analysis, and determine the design efficiency, select the most economic assembly technique for that specific product, the reason that early process selection is important is that manual assembly differs widely from automatic assembly in the requirements it imposes on product design. An operation that is easy for person may be impossible for a robot or special-purpose work head, and operations that are easy for machines may be difficult for people.

The system should provide quick results and be simple and easy to implement. It should ensure consistency and completeness of the product assemblyability. It should also eliminate subjective judgement from design assessment, allow free association of ideas, enable easy comparison of alternate design, ensure that solutions are evaluated logically, identify assembly problem areas and suggest alternate approaches for improving the manufacturing and assembly of the product. The implementation of the DFA tool improves communication between manufacturing and design engineering besides keeping the record of various decisions made during the design process for future reference [3,4]. The Structure of the Proposed System consists of five modules:

- 1) Knowledge acquisition;
- 2) Knowledge representation;
- 3) Inference engine;
- 4) DFA advising module;
- 5) User interface.

### **Case study**

Product simplification is achieved through the application of, our research-tested minimum part count criteria. The analysis allows you to determine the theoretical minimum number of parts that must be in the design for the product to function as required. When you identify and eliminate unnecessary parts, you eliminate unnecessary manufacturing and assembly costs. The developed 22 parts, and cost reduction of 33.78% were achieved. An example, which demonstrates the interface of Manual Assembly Analysis is shown in fig. 1.

### **Conclusions**

During the early stages of design, control of part count is paramount to maintaining cost targets. Design for Assembly (DFA) software tools helps you

simplify products by focusing the attention of design teams on part count and part count reduction. An expert system for design for assembly has been developed in this research article. The developed system has the potential to reduce the overall product manufacturing costs. Since it advise users concerning how to minimize the number of parts of a product without any compromise on the quality. The developed prototype has been tested on a particular product and a reduction of parts number from 35 parts to 22 parts, and cost reduction of 33.78% were achieved.

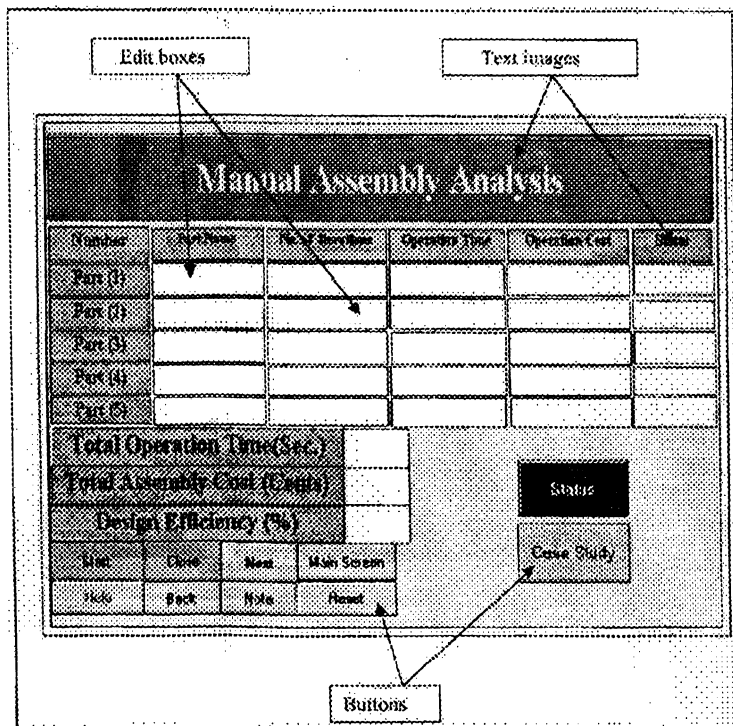


Fig. 1. The interface of Manual Assembly Analysis

## REFERENCES

- Boothroyd, G. and Dewhurst, (1987). Product design for Assembly Handbook. Wakefield, RI.:Boothroyd Dewhurst, Inc.p.581
- Grier C I. Lin and Hung-Yao Hsh, (1995) «A Product Design Simplification System for Concurrent Engineering Environment» Proceedings of the SPEE the international society for

optical engineering, Vol. 2620, PP 369-74. 3. Nan-Shing Ong, Chee-kai chua and Eng-Wah Lee, (1997) «Geometric analysis of parts from a 3-D solid model for manual assembly times» Integrated Manufacturing Systems, 8/3,137-146. 4. Вериго Е.Б., Курч Л.В. Повышение точности проведения сборочных операций с использованием промышленных роботов// Автоматизация и современные технологии. - 2000. - №2 - С.8-11.

УДК.622.232.7:007.51

LI Jian-zhong, В.Л. Шадуя

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Jiaozuo Institute of Technology*

*Jiaozuo, China*

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск; Беларусь*

Усложнение производственных процессов и оборудования изменили функции человека в современном производстве: возросла ответственность решаемых задач; увеличился объем информации, воспринимаемой работающим, и быстродействие оборудования. Работа человека стала сложнее, возросла нагрузка на нервную систему и снизилась нагрузка физическая. В ряде случаев человек стал наименее надежным звеном системы «человек-машина» (СЧМ). Возникла задача обеспечения надежности и безопасности работы человека на производстве. Эту задачу решает эргономика.

Эргономика — это наука, занимающаяся изучением вопросов оптимизации взаимодействия человека с машиной и окружающей средой в процессе жизнедеятельности, и в частности труда. Она имеет целью обеспечить удобство расположения органов управления машинами, обзорность рабочей зоны, гигиенические условия (уровень вибрации, шума, температурные условия, освещение т.д.) и др. [1].

Для эргономики характерным является системный подход к рассмотрению изучаемых процессов и явлений. Эргономика пользуется широким ассортиментом методов и конкретных методик, сложившихся в психологической науке, а также в других, смежных с нею областях (в кибернетике, физиологии и гигиене труда, математике, технических науках и др.).



Эффективное решение многих задач исследования эргономики возможно лишь на основе полной или частичной их автоматизации, применения компьютеров при проведении таких исследований, особенно на фоне впечатляющего роста мощности компьютеров.

Применение компьютеров в эргономических исследованиях осуществляется по следующим основным направлениям[2]:

- обработка результатов эргономических исследований, которая может носить автоматизированный или неавтоматизированный характер;
- генерирование психологических задач, которое может носить управляемый или неуправляемый характер;
- имитация деятельности оператора, которая может носить детерминированный или стохастический характер;
- создание справочной информационно-поисковой системы данных эргономики, идея которого состоит в том, что накапливаемый справочный материал концентрируется в памяти компьютеров, а доступ к нему и поиск необходимых сведений организуется так, что любому исследователю в достаточно короткий срок могут быть выданы все интересующие его данные, накопленные ко времени запроса.

В самом общем плане имитация может быть определена как воспроизведение характеристик некоторой системы, ситуации, события или явления в обстановке, отличной от той, в которой протекает реальная деятельность оператора. Широкое место в арсенале методов эргономических исследований занимают имитационные методы по причине того, что в ряде случаев, как показывает практика, обычные методы не могут быть использованы для изучения и анализа деятельности оператора. К числу этих случаев можно отнести:

1. Применение математических методов в процессе проектирования СЧК, как правило, позволяет лишь приближенно оценивать деятельность оператора, поскольку эти методы не позволяют учесть целый ряд особенностей и приводят к существенному усложнению модели. При этом может получиться, что аналитическое решение задачи оказывается либо принципиально невозможным, либо связанным с большими теоретическими и вычислительными трудностями.

2. Применение экспериментальных методов в процессе испытаний и эксплуатации СЧМ также не всегда оказывается возможным. Это может быть связано с опасностью для здоровья или жизни людей, невозможностью экспериментального воспроизведения некоторых ситуаций, с большой сложностью или стоимостью эксперимента.

В настоящее время метод имитационного моделирования часто используется в эргономических исследованиях с учетом ряда особенностей.

1. В основании имитационного моделирования СЧМ лежит представление о производственной деятельности оператора как совокупности отдельных действий. Последовательность этих действий должна быть известна. При этом предполагается, что в пределах заданных ограничений операторы будут действовать согласно предписаниям.

2. Описание каждого действия предельно упрощено: задается вероятность и время его выполнения, учитываются обобщенные показатели эффективности (качество выполнения, стоимость и др.).

3. Многие характеристики деятельности оператора носят вероятностный характер. Поэтому введение в модель элемента случайности резко повышает ее эффективность, так как позволяет получить не только детерминированные оценки результатов деятельности оператора, но и их законы распределения.

4. Отличительной чертой моделей СЧМ по сравнению с другими имитационными моделями является упор на использование и учет внешних проявлений психологических факторов.

5. Меняя порядок выполнения отдельных действий, число операторов, их психофизиологические характеристики, условия работы и т.п., модель позволяет получить такие суммарные показатели качества работы, как относительное число решенных задач, время их решения, среднее время простоя операторов или время их перегрузки, вероятность выполнения системы предписанных функций и др. Сопоставляя полученные результаты, можно выбрать оптимальный вариант построения СЧМ. Следовательно, модель является удобным способом для сравнительной оценки различных вариантов построения системы.

В последние годы широкое распространение получает метод визуальной компьютерной имитации в исследовании имитаций эргономики. Созданные имитационные модели различных фрагментов СЧМ дают возможность не только проводить разнообразные компьютерные эксперименты с исследуемой системой, но и визуально наблюдать за ее функционированием, в том числе и в режиме реального времени. Другими словами, эти модели позволяют всесторонне исследовать и наблюдать виртуальную реальность на компьютере, представляющую вполне достоверную «копию» действительности.

В качестве базового языка для разработки подобных имитаторов используется расширяемый визуальный язык программирования Delphi. Основой технологии является набор визуальных и не визуальных компонент. Визуальные компоненты можно разделить на активные — предназначенные для имитации разнообразных органов управления и контроля (кнопки, выключатели, переключатели, индикаторы, переменные деятельности оператора и др.)

и пассивные — имитация разнообразных декоративных элементов (крепеж, подписи и др.), предназначенных для повышения реалистичности внешнего вида. Любой визуальный компонент может быть снабжен всплывающей подсказкой и контекстной помощью. Невизуальные компоненты выполняют сервисные функции — поддержку сетевого обмена, запись отчета о действиях пользователя, запись и воспроизведение действий оператора для создания обучающих демонстраций. Основой имитатора блока оборудования является окно особого типа, которое может изменять свой масштаб в процессе работы с сохранением работоспособности всех компонент окна. По щелчку мыши любое окно может увеличиваться до масштаба 100% и уменьшаться до исходного, что позволяет разместить на экране большое количество блоков одновременно. С помощью данной технологии можно имитировать оборудование любой сложности и процесс деятельности оператора, например добывающую технику или машиностроительное оборудование. Интеграция имитатора с электронным учебником и средствами демонстрации позволяет повысить эффективность процесса обучения. Например, программы демонстрации сложных процессов в динамике могут продемонстрировать форму сигналов в различных узлах схемы изучаемого прибора в зависимости от состояния органов управления.

Эффективность работы горнодобывающей промышленности во многом зависит от ее оснащенности современными горными машинами и комплексами. Развитие механизации процесса выемки угля идет по пути создания в первую очередь различных машин и комплексов для наиболее тяжелых и трудоемких операций. Создание новых горных машин и комплексов является сложной задачей, прежде всего вследствие специфических условий работы этих машин и комплексов, к которым относятся: стесненность рабочего пространства; необходимость разрушения углей и горных пород, крайне разнообразных по своим физико-механическим свойствам; высокая абразивность многих разрушаемых пород; необходимость работы машин не только в горизонтальном, но и в наклонном и близком к вертикальному положениях; непостоянство рабочего места; газоносность; влажность и запыленность окружающей среды; химическая активность шахтных вод и др. Необходимо отметить, что люди-операторы, которые управляют этими машинами и комплексами, также находятся в такой окружающей среде, иными словами, в очистном забое, в котором применяются механизированные машины и комплексы, получается сложная система «человек-машина-среда» (СЧМС). В этой системе условия труда рабочих, обслуживающих горные машины, относятся к наиболее тяжелым и опасным, особенно при подземных горных работах. В очистном забое операторы работают продолжительное время в нерациональной рабочей позе [3].

Поэтому процесс проектирования современных горных машин и систем забойного оборудования представляет комплексную задачу, при решении которой конструктор должен учитывать экономические, технические, эксплуатационные, технологические, специальные и эргономические требования.

Выполнение эргономических требований заключается в обеспечении максимальной безопасности, легкости управления и наилучших условий труда для обслуживающего персонала. Безопасность обслуживания достигается исключением возможности поражения рабочих током, травмирования движущимися частями машины. Должно быть сведено до минимума вредное для здоровья работающих выделение пыли при работе горных машин.

Изучение вопросов компоновки оборудования очистной механизированной машины в очистном забое дает целостное представление о взаимной увязке отдельных подсистем, что необходимо механику при выборе оборудования для конкретных условий эксплуатации, а также при проведении его частичной модернизации. Схема компоновки оборудования очистной механизированной машины, т.е. комбайна, конвейера и крепи, в очистном забое определяется минимальной мощностью пласта и диапазоном ее изменения, характером залегания пласта, устойчивостью пород кровли и забоя, прочностью пород почвы, газоносностью пласта и другими факторами. Размеры пространства для прохода людей под крепью выбираются в соответствии с физиологическими возможностями человека при выполнении операций по управлению и обслуживанию машин[4].

Таким образом, эффективное решение задачи эргономического исследования системы «человек-машина-среда» (СЧМС) в очистном забое возможно на основе применения метода визуальной компьютерной имитации (рис. 1).

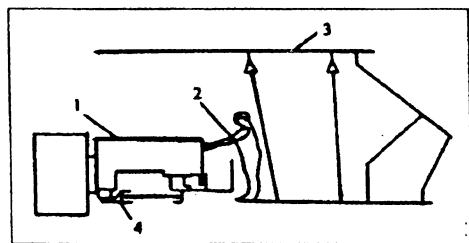


Рис. 1. Схема системы «человек-машина-среда» в забое:

1-комбайн; 2-оператор; 3-крепь; 4-конвейер

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шадуя В.Л., Филонов И.П., Человек и машина.-Мн.: Технопринт, 2001.
2. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А., Основы инженерной психологии.-М.: Академический проект, 2002.
3. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек И.М., Проектирование и конструирование горных машин и комплексов.- М.: Недра, 1982.
4. Гетопанов В.Н., Рачек В.М., Проектирование и надёжность средств комплексной механизации.- М.: Недра, 1986.

# ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

УДК 621.762:71

Э.Г. Биленко

## УПРОЧНЕНИЕ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН ТИПА ТК ПОСРЕДСТВОМ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ

*Физико-технический институт НАН Беларуси  
Минск, Беларусь*

Исследование проводилось на призматических образцах размерами  $6 \times 6 \times 8$  мм, вырезанных электронской резкой из спеченного твердого сплава Т15К6. Исследование фазового состава и структурного состояния сплава после различных режимов обработки осуществлялось на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3.0 в монохроматизированном  $\text{CoK}\alpha$  излучении ( $V=30$  кВ,  $I=10$  мА). Для фазового анализа использовалась стандартная картотека ASTM. Микротвердость измерялась на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузках 1 и 2 Н с выдержкой в течение 10 сек.

Перед ионно-лучевой обработкой образцов поверхность твердого сплава шлифовалась на мелкой абразивной бумаге с размером зерен 40–50 мкм. Имплантация сплава азотом проводилась с использованием газового источника. Образец облучался ионами азота с энергией  $\sim 1-3$  кэВ. Плотность пучка ионов составляла  $2$  мА/см<sup>2</sup>. Флюенс ионов —  $3 \cdot 10^{19}$  см<sup>-2</sup>. Температура имплантации составляла 770 и 820 К. Триботехнические испытания в режиме сухого трения проводились на лабораторном трибометре АТВЦ, оснащенном специально разработанным устройством для измерения коэффициента трения. Давление испытаний составляло 5 МПа. В качестве контртела использовалась закаленная сталь 60Г ( $\text{HV}_{30}=8000$  МПа).

В исходном состоянии титано-вольфрамовый металлокерамический сплав Т15К6 имеет микротвердость  $\text{H}_{200}=18000-18500$  МПа. Фазовый состав сплава: карбид WC с гексагональной решеткой, карбид TiC с ГЦК решеткой и  $\beta$ -Co с гранецентрированной кубической решеткой. В результате ионного облучения азотом при 770 и 820 К в поверхностном слое сплава Т15К6 происходит образование карбонитридов вольфрама  $\text{W}(\text{C},\text{N})$  и титана  $\text{TiC}_{0,7}\text{N}_{0,3}$ . Микротвердость сплава после обработки при 770 и 820 К составляет 22000–23000 и 22000–22500 МПа, соответственно.

Зависимости линейного износа твердого сплава Т15К6 от режима его обработки приведены на рис. 1. В исходном немодифицированном состоянии линейный износ сплава Т15К6 весьма незначителен. В частности, средняя интенсивность изнашивания сплава составляет  $I_h = 1,7-1,8 \cdot 10^{-9}$  м/км (табл. 1).

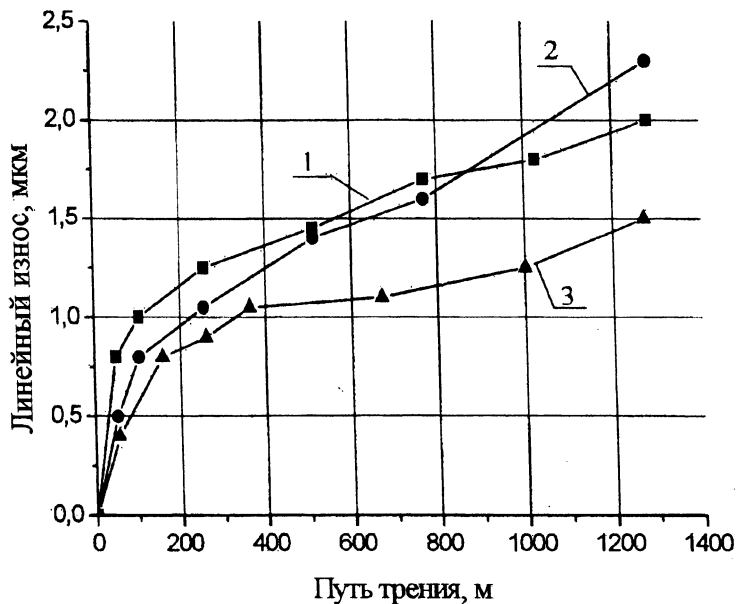


Рис. 1. Зависимость линейного износа сплава Т15К6:  
1 – исходное состояние, 2 –  $T_{\text{имля}} = 770$  К, 3 –  $T_{\text{имля}} = 820$  К

Таблица 1

Значения микротвердости, коэффициента трения  $f$  и интенсивности изнашивания  $I_h$  твердого сплава Т15К6 после различных режимов обработки

| Параметр                                      | Исходное состояние | Температура ионно-лучевой обработки, К |             |
|---|--------------------|--|-------------|
|   |                    | 770                                    | 820         |
| Микротвердость $H_{200}$ , МПа                | 18000-18500        | 22000-23000                            | 22000-22500 |
| Коэффициент трения $f$                        | 0,75-0,80          | 0,85-0,95                              | 0,90-0,95   |
| Интенсивность изнашивания $I_h \cdot 10^{-9}$ | 1,8                | 1,5                                    | 1,3         |

Микротвердость поверхностного слоя металлокерамики при трении сохраняется на уровне  $H_{200}=18000$  МПа. Коэффициент трения трибопары составляет  $f=0,75-0,80$  (см. табл. 1). Интенсивность износа закаленной стали в  $\sim 6-7$  раз превышает интенсивность износа металлокерамики.

Ионно-лучевая обработка азотом сплава Т15К6 при 770 К, приводящая к формированию тонких модифицированных слоев твердостью  $H_{200}=22000-23000$  МПа, обеспечивает возрастание износостойкости сплава в условиях фрикционного взаимодействия без смазки (рис. 1). Интенсивность изнашивания модифицированного твердого сплава на начальных стадиях испытаний снижается до уровня  $I_h=1,5 \cdot 10^{-9}$ , а коэффициент трения увеличивается до  $f=0,85-0,95$  (см. табл. 1).

Обработка ионами азота при 820 К создает более глубокий модифицированный слой, в следствии этого износостойкость еще больше увеличивается, но при этом увеличивается и коэффициент трения (см. табл. 1).

Фрикционное взаимодействие при трении без смазки немодифицированного образца сплава Т15К6 с контртелом сопровождается адгезионным схватыванием контактирующих поверхностей и образованием на них выглаженной микроструктуры. В процессе фрикционного взаимодействия поверхностные слои материалов трибопары интенсивно разогреваются. На отдельных участках поверхности трения твердого сплава регистрируется области усталостного выкрашивания.

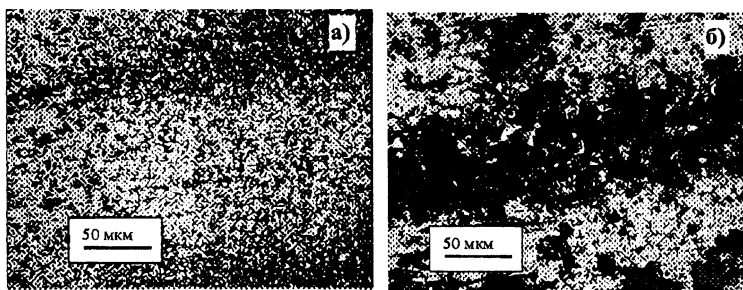


Рис. 2. Микроструктура поверхности трения твердого сплава Т15К6, модифицированного ионами азота при 770 К:  
а — путь трения 100 м; б — путь трения 1280 м

На рис. 2 приведены микрофотографии поверхности трения модифицированного азотом при 770 К сплава Т15К6 на различных стадиях процесса испытаний. Можно видеть, что на ранних стадиях испытаний регистрируется равномерный износ модифицированного слоя (рис. 2 а). На более поздних



стадиях испытаний после пути трения  $\geq 500$  м, интенсивность износа заметно возрастает, что, по нашему мнению, связано с утонением слоя и выходом и поверхностные слои неимплантированного материала. На микрофотографиях поверхности трения начинают появляться участки усталостного выкрашивания и отслаивания слоя (рис. 2 б). Коэффициент трения фрикционной пары на поздних стадиях испытаний вновь снижается до уровня исходных значений  $f \approx 0,8$ . Линейный износ контртела после фрикционного взаимодействия с модифицированным азотом твердым сплавом несколько возрастает по сравнению со случаем испытания немодифицированного сплава.

Износостойкость модифицированного азотом при 820 К сплава по сравнению с неимплантированным материалом увеличивается в  $\approx 1,4$  раза (см. рис. 1). Интенсивность изнашивания сплава при этом снижается до уровня  $I_h = 1,3 \cdot 10^{-9}$ . Коэффициент трения трибопары достигает максимального уровня значений  $f = 0,90-0,95$ . Вместе с тем для модифицированного при 820 К сплава Т15К6 увеличение пути трения до 1000 м не приводит к снижению износостойкости упрочненного слоя (см. рис. 1). Очевидно, что это связано с большей глубиной проникновения азота при высокотемпературной обработке. Поверхность трения модифицированного сплава после испытаний выглаживается.

**Заключение:** Определено, что ионно-лучевая обработка азотом твердого сплава Т15К6 при 770 и 820 К приводит к формированию модифицированных слоев с микротвердостью  $H_{200} = 22000-23000$  МПа и обеспечивает увеличение износостойкости сплава в режиме трения без смазки в 1,3 раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ионно-лучевая обработка металлов, сплавов и керамических материалов. Белый А.В., Кукареко В.А., Лободаева О.В., Таран И.И., Ших С.К. – Минск: Изд-во «ФТИ НАН Беларуси». – 1998. – 218 с. 2. Поворознюк С.Н., Полещенко К.Н., Кульков С.Н., Вершинин Г.А. Структурные изменения и распределение имплантированной примеси в сплаве WC – Co при ионно-лучевом воздействии // Поверхность. Физика, химия, механика. – 1995. – №11. – С.74-78. 3. Поворознюк С.Н., Николаев А.В., Кульков С.Н., Вершинин Г.А. Термоактивируемые процессы в приповерхностных слоях сплава WC – Co при воздействии мощными ионными пучками // Поверхность. Физика, химия, механика. – 1995. – №11. – С.85-90.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩИХ КРОМОК ФРЕЗЕРНЫХ НОЖЕЙ САМОФЛЮСЮЮЩИМИСЯ МАТЕРИАЛАМИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь*

Специфика обработки древесины и древесных материалов требует учета многих факторов для установления рациональных режимов получения качественных показателей обработки. Древесина — упруго-пластичный материал, свойства которого имеют достаточно широкий диапазон в зависимости от его состояния. Основным параметром, обеспечивающим работоспособность инструментов является радиус затупления режущей кромки —  $r$ , мкм.

При цилиндрическом фрезеровании при достижении  $r_{\max}$  — 40 мкм резко ухудшается качество поверхности, появляются прижоги, мшистость, ворсистость, возрастают энергетические затраты на резание и, соответственно, ухудшаются качественные показатели обрабатываемой поверхности. Требования высокого качества обработанной поверхности ограничивают временной ресурс использования инструментов. Среднее время эксплуатации наиболее распространенного фрезерного инструмента в деревообрабатывающей промышленности оснащенного вольфрамкобальтовыми сплавами при обработке плитных материалов составляет 30–60 мин. Переточки требуют специального оборудования, повышается расход алмазных абразивных инструментов, требуется высокая культура его технического обслуживания. Поэтому поиск альтернативных материалов для оснащения режущих кромок фрезерных ножей ведется достаточно широко и включает использование алмазосодержащих компонентов, композитов на основе керамики и других износостойких покрытий.

В Белорусском государственном технологическом университете на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов проведены экспериментальные работы по использованию самофлюсующихся материалов для оснащения кромок фрезерных ножей.

Самофлюсующиеся материалы представляют собой сплавы на основе никеля, никеля и хрома или кобальта, содержащие добавки бора и кремния. Сплавы могут содержать различные добавки карбида вольфрама. Эти материалы могут поставляться в виде порошков определенных композиций, в виде прутков, которые отливают, либо формуют из порошков с добавлением смол.

Промышленностью Российской Федерации изготавливается ряд модификаций порошков НВК, ПГ-СР4, ПГ10Н-01 и др., в основном используемые для восстановления деталей машин. Упрочняющий слой наносят на изношенные поверхности валов насосов и компрессорных агрегатов, резьбовых поверхностей и муфт, деталей торцовых уплотнений, направляющих и игулок насосно-компрессорного и нефтегазового оборудования, деталей двигателей внутреннего сгорания, подшипниковых узлов валов нефтяных насосов, валиков водяных помп. В результате получают качественно упрочненные рабочие поверхности для пар трения металл-металл.

Достаточно широко востребовано упрочнение режущих элементов сельскохозяйственных машин, дорожно-тракторной и грузоподъемной техники, лубьев экскаваторов и т.п.

Одним из основных дефектов нанесения упрочняющих слоев является наличие пор, зависящих от способа нанесения. При работе деталей с покрытиями в масле поры упрочненного слоя заполняются смазкой и выполняют функции смазочных канавок [1]. При наплавке (оплавлении порошков) самофлюсование происходит за счет раскислителей — кремния и бора, которые при оплавлении связывают кислород, образуя шлаки  $B_2O_3$ ,  $SiO_2$ , легко всплывая на поверхность. Перегрев до полного расплавления недопустим, поскольку кристаллы карбидов и боридов образуют грубую структуру. Основное требование при оплавлении — равномерный нагрев поверхности детали и слоя покрытия для активного диффундирования легирующих элементов и сцепления слоев.

Учитывая положительный эффект при упрочнении деталей машин самофлюсующимися материалами, были проведены предварительные экспериментальные исследования по определению износостойкости фрезерных ножей для обработки древесных материалов, режущие кромки которых изготовленных их сплавов ПГ-СР4 и ПГ10Н-01, в качестве подложки была использована конструкционная сталь 20. В качестве переменных факторов определены — толщина спеченного слоя — Х1 — 1,0, 1,6, 2,2 мм, толщина слоя под наплавкой — Х2 — 2,0, 2,6, 3,0 мм, время спекания Х3 — 20, 25, 30 с, угол заточки Х4 — 40, 45, 50 град., скорость подачи Х5 — 1, 3, 5 м/мин. Испытания производились на специальной установке на базе станка ФС-1. Обработывалась древесностружечная плита, путь резания составлял 80 м. Обработка результатов показала, что линейный износ для резцов, упрочненных ПГ-СР4 составил в среднем 82 мкм, ПГ10Н-01 — 112 мкм. Полученные теоретические зависимости достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Можно сделать основной вывод: по износостойкости резцы из самофлюсующихся материалов соответствуют 40-45 % от износостойкости твердого сплава ВК10 и могут использоваться в промышленности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Демидов Свойства и структура покрытий из порошков типа ПГ-СР, полученных плазменным способом // *Металловедение и термическая обработка*. — 1997. — № 8. — С. 26.

УДК 621.785.545:62-272

**А.И. Гордиенко, В.В. Ивашко,  
А.И. Тарарук, И.И. Вегера**

### **ПОВЕРХНОСТНАЯ СКОРОСТНАЯ ЭЛЕКТРОТЕРМООБРАБОТКА РЕССОР С ПРИМЕНЕНИЕМ ТВЧ**

*«Физико-технический институт» НАН Беларуси  
Минск, Беларусь*

Рессоры автомобилей и других транспортных средств работают в тяжелых условиях и относятся к числу деталей, на изготовление которых затрачивается большое количество стального проката. Однако применяемые в настоящее время стали и технологии упрочняющей термообработки этих деталей не претерпели принципиальных усовершенствований за последние годы. Прогресс в этой области техники состоял лишь в увеличении степени легирования стали и конструктивном улучшении так называемых закалочных барабанов. В целом для термической обработки в рессорном производстве характерны низкая степень автоматизации, тяжелые условия труда термистов и экологически неблагоприятная атмосфера [1].

По условиям работы рессор необходимо, чтобы рессорные листы имели высокое сопротивление статическим и циклическим нагрузкам, релаксации и истиранию. При изготовлении упругих элементов из углеродосодержащих сталей, работающих в условиях статических и циклических напряжений, необходимо учитывать возможность появления хрупкого разрушения, которое зависит от строения мартенсита, содержания атомов внедрения, морфологии выделившихся фаз, состояния границ зерен [2]. Поэтому улучшение прочностных характеристик стали возможно при устранении отрицательных свойств перечисленных факторов, путем применения новых более совершенных методов термической обработки.

Для увеличения усталостной прочности тяжело нагруженных деталей за рубежом и на отечественных предприятиях применяют, преимущественно такие виды упрочнения, как объемная термообработка, химико-термическая

(цементация, нитроцементация, никотрирование и др.), поверхностная термообработка ТВЧ и др.

При объемной термообработке распределение твердости по сечению детали не поддается регулированию, и зависит от прокаливаемости стали и размеров сечения.

Детали со сквозной закалкой по сечению по сравнению с деталями после ХТО и поверхностной термообработкой обладают повышенной хрупкостью при перегрузках и ударах, такие детали обычно подвергаются улучшению, т.е. закалке и высокому отпуску.

Улучшение, как вид упрочнения, не реализует в полной мере ресурс прочности стали и не обеспечивает необходимую поверхностную износостойкость детали из-за низкой твердости.

Химико-термическая обработка позволяет повысить усталостную прочность изделия по сравнению с улучшением за счет получения поверхностного слоя с высокой твердостью, износостойкостью и вязкой сердцевиной. Этим способом можно получить по всей поверхности упрочненный слой одинаковой толщины, отличающийся от сердцевины детали строением структуры и химическим составом.

К недостаткам этой технологии следует отнести ее высокую стоимость, большую длительность процесса, получение ограниченной толщины упрочненного слоя, выделение в окружающую среду вредных веществ, высокую энергоемкость.

Поверхностная термообработка ТВЧ, как и ХТО, применяется в машиностроении для получения изделий с твердым износостойким слоем и вязкой сердцевиной.

В отличие от ХТО, поверхностная термообработка ТВЧ позволяет получить упрочненный слой от 1 мм и более в пределах глубины прокаливаемости стали. Поверхностный слой, упрочненный термообработкой ТВЧ на оптимальную глубину, в сочетании с вязкой сердцевиной создает такое распределение прочностных свойств стали по сечению, которое более полно соответствует распределению напряжений, возникающих при воздействии на изделие предельных нагрузок. Наряду с максимальной статической прочностью изделие получает дополнительный запас вязкости, что увеличивает его усталостную прочность. Скоростная электротермообработка с применением индукционного нагрева, позволяет использовать суммарное действие таких упрочняющих факторов, как измельчение зерна аустенита и создание поверхностно-упрочненного слоя, с высокой твердостью и со значительными сжимающими напряжениями [3].

К особенностям этого метода, следует отнести низкую себестоимость процесса, высокую скорость нагрева, позволяющую резко сократить длитель-

дость цикла термической обработки, возможность полной автоматизации процесса нагрева, закалки и отпуска, меньшую энергоемкость термообработки. Повышение долговечности рессор путем поверхностной закалки ТВЧ связано с определенными трудностями. Поэтому до последнего времени термическая обработка листов для рессор существенно не отличается от традиционной: закалка с 860...900°C в масле, отпуск при 520... 540°C в течении 2,5 часов, охлаждение на воздухе с последующим наклепом дробью.

В данной статье предлагается новый способ термического поверхностного упрочнения отечественных рессор. Для проведения исследований была выбрана полоса из стали 50ХГФА.

Для производства рессор сталь 50ХГФА наиболее предпочтительна среди других сталей, так как она менее чувствительна к перегреву, чем углеродистая или хромомарганцевая, что очень существенно в условиях производства рессор, где отклонение температур от заданных интервалов при прокатке и термообработке очень часты. При этом она имеет более стабильные механические свойства.

Поверхностную закалку можно получить при непрерывном нагреве и спрейерном охлаждении. Такой метод закалки не требует оборудования большой мощности, но требует применения специальных сред, приближающихся по скорости охлаждения к маслу. Спрейерное охлаждение маслом на воздухе осуществить не возможно из-за его возгорания.

Предыдущий опыт показал, что воздушная смесь, как охлаждающая среда для закалки данной стали непригодна, так как колебания давления сжатого воздуха в магистрали изменяют в широких пределах соотношение состава водовоздушной смеси  $\alpha$ , следовательно, и скорость охлаждения. С увеличением скорости охлаждения образца при закалке возрастает вероятность образования микротрещин, которые могут стать причиной начала хрупкого разрушения.

Эмульсионные жидкости, приближающиеся по охлаждающим свойствам к маслу, в нашей республике не производятся, поэтому в ходе выполнения работ был использован малоизученный способ поверхностной закалки под слоем масла.

Для осуществления способа было спроектировано и изготовлено специальное устройство, позволяющее перемещать образец в горизонтальном направлении и регулировать скорость перемещения его относительно индуктора.

Исследование структуры и свойств в зависимости от технологии и режимов термической обработки, проводили на полосах, полученных ТМО по технологии Минского рессорного завода, изготовленных из стали 50ХГФА, толщиной 10 мм и шириной 45 мм. В исходном состоянии полоса имела:

твердость сердцевины HRC 35...40; толщину обезуглероженного слоя с содержанием углерода до 0,3% в пределах 0,07 — 0,15 мм; твердость поверхности обезуглероженного слоя 230...365 HV. Чтобы исключить влияние обезуглероженного слоя на результаты испытаний, образцы подвергались двухсторонней шлифовке. Сравнительным усталостным испытаниям подверглись образцы, обработанные по трем режимам.

Образцы первой партии, как базовые, были термообработаны по технология Минского рессорного завода: закалка с 860...900°C в масле, отпуск при 520... 540°C в течении 2,5 часов, охлаждение на воздухе.

Образцы второй и третьей партии в исходном состоянии подвергались высокочастотной закалке. Высокочастотная закалка образцов проводилась на ламповом генераторе ВЧГ-60/0,066 в щелевом индукторе непрерывно-последовательным методом. Образцы после закалки ТВЧ отпускались в шахтной печи при температуре 180...200°C с выдержкой 2 часа, а затем охлаждались на воздухе.

Отпуск поверхностно-упрочняемых полос рессор в отличии от стандартных режимов термической обработки этих деталей должен быть низкотемпературным. После такого отпуска эффект измельчения зерна проявляется наиболее сильно, а поверхностные остаточные сжимающие напряжения максимальны. Однако понижение температуры отпуска приводит к повышению хрупкости поверхностного слоя и уменьшению сопротивления просадке. Поэтому одной из задач данного исследования было подобрать режим низкого отпуска, после проведения которого пластичность рессорных листов и их сопротивление просадке были равны или превышали бы значения этих характеристик после обработки по стандартному режиму.

Имеющиеся экспериментальные данные [4] свидетельствуют о том, что в закаленных железуглеродистых сплавах, содержащих от 0,5 до 1,23%С, при скоростном индукционном нагреве протекают те же фазовые превращения, что и при нагреве стали с небольшими скоростями: распад мартенсита, превращение остаточного аустенита и карбидное превращение на третьей стадии отпуска. Схема процессов отпуска при скоростном нагреве в легированной и углеродистой стали, если не считать образования специальных карбидов, при определенных концентрациях легирующих элементов — одинаковая. Поэтому технологически выгодно вместо печного отпуска применять скоростной электроотпуск, при котором в результате повышения температуры можно уменьшить время отпуска от 2 ч до нескольких секунд.

Толщина закаленного слоя, его прочностные свойства и прочностные свойства сердцевины определяют прочность рессоры и величину остаточных напряжений сжатия. Причем, остаточные напряжения тем больше, чем

тоньше закаленный слой, а прочность повышается только при увеличении толщины закаленного слоя до определенного размера. Для поверхностно закаленных деталей, работающих на изгиб, в ФТИ НАН Б разработан специальный метод определения допустимого распределения свойств по сечению, обеспечивающего при заданных свойствах поверхности максимальную прочность всей детали [5].

Испытание образцов на усталостную прочность проводили в испытательном центре Минского автомобильного завода на стенде немецкой фирмы «Schepk» с симметричным знакопеременным циклом нагружения от гидропривода с частотой приложения нагрузки 3 Гц/с. Значения  $\sigma_R$  были определены на компьютере с помощью программы «SIGMA». В результате были получены следующие значения:  $\sigma_R=204$  МПа для образцов обработанных по 1 режиму;  $\sigma_R=263$  МПа для образцов обработанных по 2 режиму;  $\sigma_R=320$  МПа для образцов обработанных по 3 режиму.

Твердость и микроструктура рессор в поперечном сечении изменяются следующим образом: у поверхности рессоры располагается закаленный слой (рис. 1а) с твердостью HRC 57–60, представляющий собой скрытоитольчатый мартенсит с участками структурно-свободного феррита. Глубина закаленного слоя, т.е. расстояние от поверхности до 50% зоны мартенсита, составляет приблизительно 115 мкм. Переходный слой (рис. 1а) имеет структуру троостомартенсита скрытоитольчатого, с твердостью HRC 50–57. Микроструктура сердцевины (рис. 1б), представляет собой сорбит с твердостью HRC 38–45.

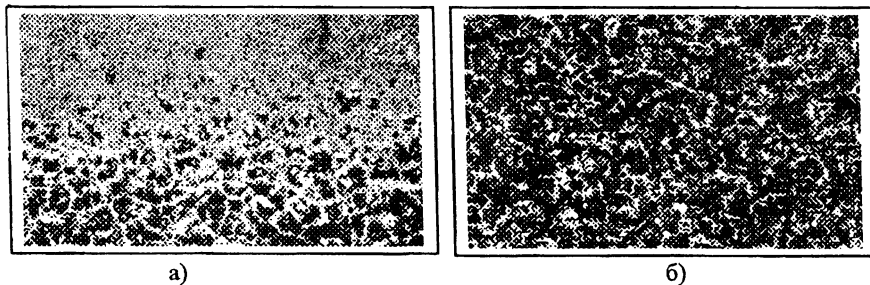


Рис.1. Микроструктуры стали 50XГФА после поверхностного упрочнения

В результате исследований были определены режимы поверхностного индукционного упрочнения рессор из стали 50XГФА, которые позволяют получить в рессорных листах высокопрочное состояние за счет измельчения зерна и создания в поверхностных слоях значительных остаточных сжимающих напряжений. Оптимизация параметров упрочняющей термообработки



поверхностного нагрева позволила получить оптимальную глубину упрочняемого слоя. В сочетании с вязкой сердцевиной он создает распределение прочностных свойств стали по сечению, которые соответствуют распределению напряжений, возникающих при воздействии на изделие предельных нагрузок. Было показано, что предел выносливости третьей партии образцов, а следовательно и ее долговечность, выше предела выносливости первой партии образцов, обработанных по традиционной технологии. Таким образом, получение в рессорах высокопрочного состояния позволяет существенно повысить их долговечность или уменьшить их металлоемкость при сохранении долговечности, требуемой по техническим условиям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шепеляковский К.З., Исмаилов Р.Р., Литвин А.Н., Вишневецкий Н.И., Табака В.И., Русин В.А. Новая технология термической обработки рессорных листов грузовых автомобилей // *Металловедение и термическая обработка металлов*. — 1992. — №2, — С. 11–14.
2. Рахштадт А.Г. Пружинные стали и сплавы. М.: *Металлургия*, 1982. — 400 с.
3. Огневский В.А., Островский Г.А., Рыскинд А.М., Шкляров И.Н. Упрочнение листовых рессор с применением индукционного нагрева // *Металловедение и термическая обработка металлов*. — 1984. — №7. — С. 22–27.
4. Белоус М.В., Черешен В.Т., Васильев М.А. Превращение при отпуске стали. — М.: *Металлург*, 1973. — С. 149–156.
5. Бодяко М.Н., Тарарук А.И., Гордиенко А.И., Семенюк Г.А. Способ термической обработки изделий. — Авторское свидетельство СССР № 1276673, С21D1/78; Заявл. 17.07.85.; Оpubл. 15.08.86.

УДК 621.793

О.Г. Девойно, М.А. Кардаполова

### ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА В ПРОЦЕССАХ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Одной из наиболее широко применяемых разновидностей лазерной обработки является поверхностное легирование. С точки зрения получения вы-

сокотвердых и износостойких поверхностных слоев наиболее перспективны лазерное борирование и борохромирование [1]. Однако лазерная обработка обладает рядом недостатков: высоким градиентом свойств по глубине упрочненного слоя и уровнем остаточных напряжений [2]. Другим недостатком является значительное нарушение микрогеометрии поверхности, что предопределяет необходимость значительных затрат на финишную операцию и уменьшает толщину упрочненного слоя после окончательной механической обработки. Целью настоящего исследования явилось изучение влияния различных вариантов лазерного легирования на уровень микрогеометрии упрочненных зон.

Лазерной обработке подвергали образцы из стали 40Х, на плоскую поверхность которой наносили шликер двух составов:

- 1) Смесь аморфного бора и карбида бора;
- 2) Смесь аморфного бора и карбидов хрома ( $\text{Cr}_3\text{C}_2$  и  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  при объемном соотношении «бор/карбиды хрома», равном 1/1.

Для исследования использовали газовый  $\text{CO}_2$  — лазер типа ЛГН-702 мощностью 800 Вт, диаметр лазерного луча 1,2 мм. Рассматривали следующие варианты обработки:

- 1) Однократное лазерное легирование при скорости 200 мм/мин;
- 2) Двукратное легирование: последовательно со скоростями 200 и 400 мм/мин.
- 3) Двукратное легирование: последовательно со скоростями 200 и 900 мм/мин.

Одна серия образцов обрабатывалась вторично без смещения лазерных дорожек, вторая же — со смещением на величину 0,5 диаметра луча —  $d_n$ . Результаты расчета величины высотных параметров микрогеометрии по полученным профилограммам приведены в табл. 1. При расчете  $R_z$  длина опорной поверхности равнялась всей ширине зоны, переплавленной лазерным лучом на определенном режиме.

Независимо от изменения режимов обработки во всех случаях общая картина микрогеометрии поверхности после легирования представляет собой наложение малых с высотой порядка 5–10 мкм и таким же шагом на большие пики с высотой порядка 40–80 мкм и шагом соответствующим величине подачи лазерного луча. Образование больших пиков объясняется процессами, происходящими вследствие расплава и кристаллизации металла. Ввиду интенсивно происходящих процессов теплообмена в системе «лазерный луч — расплавленный металл — подложка» температура в различных точках ванны расплава неодинакова, что обуславливает активное перемешивание объемов металла, имеющих разную температуру. Направление тече-

ния металла в ванне расплава постоянно (рис. 1) и определяется так называемым «термокапиллярным эффектом» [3], обусловленным возникновением градиента коэффициента поверхностного натяжения по поверхности расплава.

Далее происходит его быстрое застывание ввиду высокой скорости охлаждения, сопровождающееся увеличением объема материала при мартенситном превращении. В результате формируется развитый рельеф поверхности. Такой «вал» металла наблюдается вдоль всей длины лазерной дорожки.

Малые пики имеют средний шаг неровностей профиля в несколько раз меньший по сравнению с исходным состоянием поверхности после механической обработки. Такой волнообразный микрорельеф поверхности формируется в результате скоростной кристаллизации расплава, причем количество малых пиков, по-видимому, соответствует количеству центров кристаллизации.

Повторные проходы лучом лазера приводят к увеличению высотных параметров микрогеометрии поверхности как для борирования, так и для борохромирования, тогда как в случае однократного борирования и борохромирования при скорости луча  $V=200$  мм/мин они приблизительно одинаковы.

Указанный эффект можно объяснить следующим. С увеличением количества проходов лазерной обработки изменяется проплавливающая способность луча. После однократного легирования формируется слой с неравновесной структурой, содержанием бора, близким к эвтектическому составу и, как следствие, меньшей температурой плавления. При повторном легировании с большей скоростью относительного перемещения луча энергия излучения расходуется на преодоление термического сопротивления обмазки и расплав слоя, полученного при первом проходе. Объем ванны расплава уменьшается, степень ее перегрева увеличивается и интенсифицируются процессы перемешивания и растекания расплавленного металла в стороны от центра луча, тогда как основной металл разогревается меньше. Возникает большой градиент температур, вследствие чего процесс застывания ванны расплава интенсифицируется, и затвердевание металла происходит при большей высоте пиков микрорельефа поверхности. Таким механизмом формирования микрогеометрии объясняется близость значений  $R_{\max}$  и  $R_z$  (в среднем  $R_{\max}/R_z \approx 1,2$ ).

В случае лазерного борирования с увеличением скорости повторных проходов высота больших пиков увеличивается. При лазерном борохромировании неровности микрогеометрии поверхности меньше, чем при борировании, причем с увеличением скорости второго прохода это различие более заметно. Это можно объяснить интенсификацией как процессов перемешивания так и затвердевания ванны расплава, а также меньшим термическим сопротивлением легирующей обмазки и переплавленного слоя в случае борохромирования. Соответственно, градиент температур и скорость затверде-

вания при борировании выше и высота неровностей микрогеометрии поверхности больше.

Таблица 1

**Высотные параметры микрорельефа поверхности при различных вариантах лазерной обработки**

| Характер Лазерной Обработки                | Скорость луча, мм/мин  | Обработка без смещения лазерных дорожек |             | Обработка со смещением лазерных дорожек $\Delta=0,5 d_p$ |             |
|--|------------------------|---|-------------|--|-------------|
|  |                        | $R_{\text{max}}$ , мкм                  | $R_z$ , мкм | $R_{\text{max}}$ , мкм                                   | $R_z$ , мкм |
| 1  | 2                      | 3                                       | 4           | 5  | 6           |
| Закалка                                    | $V_1=200$              | 52                                      | 42          | -  | -           |
| Однократное Легирование: Бор+карбид бора   | $V_1=200$              | 59                                      | 48          | -  | -           |
| Двукратное Легирование: Бор+карбид бора    | $V_1=200$<br>$V_2=400$ | 77                                      | 63          | 52   | 41          |
| Двукратное Легирование: Бор+карбид бора    | $V_1=200$<br>$V_2=900$ | 88                                      | 76          | 61   | 53          |
| Однократное Легирование: Бор+ карбид хрома | $V_1=200$              | 58                                      | 46          | -  | -           |
| Двукратное Легирование: Бор+карбид хрома   | $V_1=200$<br>$V_2=400$ | 68                                      | 58          | 49   | 40          |
| Двукратное Легирование: Бор+карбид хрома   | $V_1=200$<br>$V_2=900$ | 81                                      | 65          | 56   | 43          |

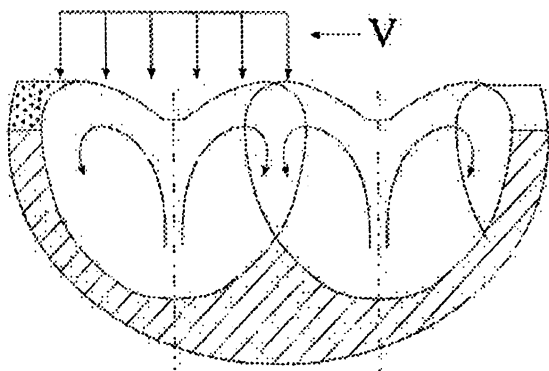
Примечание:  $V_1$  и  $V_2$  соответственно скорости первого и второго проходов.

При лазерном борировании малые пики неровностей имеют большую высоту и меньший средний шаг неровностей профиля по сравнению с борохромированием. Наблюдаются отдельные небольшие участки с аномально высокими неровностями микрогеометрии ( $R_z = 150...200$  мкм, шаг неровностей профиля  $S = 80$  мкм при опорной поверхности пика порядка 40 мкм).

Наличие участков аномальной микрогеометрии при борировании можно объяснить происходящим местами неполным проплавлением и неравномерностью слоя нанесенной легирующей обмазки на режимах с повышенной скоростью перемещения лазерного луча. Визуально на поверхности борированных дорожек можно наблюдать участки, на которых отсутствует металлический блеск. При царапании их острым индентором происходит отделение мелких частиц, что свидетельствует об отсутствии прочной адгезионной связи. В данном случае имеет место припекание частиц обмазки. На поверхности образца, переплавленной при большей скорости второго прохода,

таких участков наблюдается больше, однако общая их площадь не превышает 5 % зоны обработки.

Применение схемы двукратной лазерной обработки со смещением оси лазерной дорожки при повторном проходе на половину диаметра луча приводит к уменьшению высотных показателей микрогеометрии более чем на 30 % (табл. 1). Это можно объяснить следующим механизмом формирования микрорельефа. В данном случае в центре пучка излучения находится выступ металла, сформированный на предыдущем проходе и соответствующий краю лазерной дорожки. При переплаве металл под действием сил поверхностного натяжения растекается в стороны, однако ввиду высокой скорости кристаллизации расплава выступ в центре лазерной дорожки не успевает исчезнуть полностью. В результате формируется поверхность с чередованием пиков разной высоты.



*Рис. 1. Механизм формирования микрогеометрии при лазерной обработке с переплавом поверхностного слоя*

После лазерного легирования упрочненная поверхность подвергается механической обработке с целью исправления геометрических погрешностей и обеспечения заданных микрогеометрических параметров. Микрогеометрия поверхности, полученная после лазерного легирования, является одним из критериев оценки эффективности и практической применимости данной технологии, так как она определяет величину припуска на окончательную механическую обработку, которая равна максимальной высоте неровностей профиля переплавленного слоя. При этом необходимо, чтобы остающийся после механической обработки высокотвердый легированный слой превышал предельно допустимую величину износа рабочей поверхности

детали. Таким образом, при обработке технологического процесса лазерного легирования необходимо произвести сравнение параметров микрогеометрии и глубины переплавленного слоя с учетом распределения величин микротвердости.

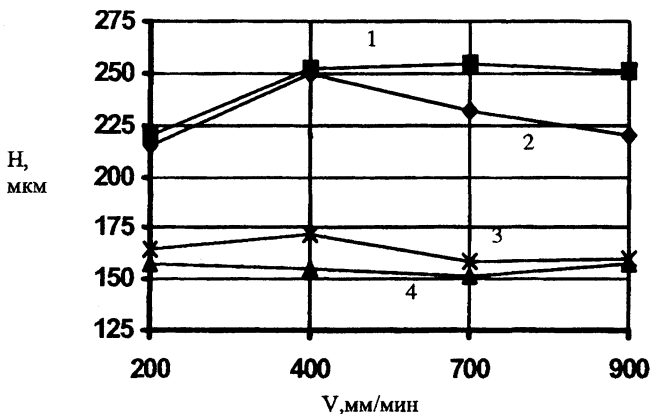


Рис. 2. Зависимость глубины легированного слоя от скорости перемещения луча лазера: 1 — борирование ( $\Delta = 0$ ); 2 — борирование ( $\Delta = 0,5$ ); 3 — борохроммирование ( $\Delta = 0$ ); 4 — борохроммирование ( $\Delta = 0,5$ )

Графики зависимости глубины легирования от скорости перемещения луча лазера при повторном проходе для различных вариантов обработки приведены на рис 2. Глубина легирования принималась равной глубине переплава, значения которой, в свою очередь, определялись металлографически и сверялись с данными дюротметрических исследований.

Если схема финишной операции механической обработки обеспечивает отсутствие погрешностей установки, величину припуска допустимо принимать на 2...4 мкм больше величины  $R_{\max}$ . Зависимость припуска на окончательную обработку от технологического варианта лазерного легирования представлена на рис 3. Максимальные величины припуска соответствуют режимам со скоростью перемещения луча лазера при повторном проходе  $V_2=900$  мм/мин и составляют при борохроммировании 85 мкм, а при борировании 90 мкм. Для режимов со скоростью перемещения луча  $V_2=400$  мм/мин соответственно 72 мкм и 80 мкм. При использовании схемы легирования со смещением лазерных дорожек величина припуска снижается примерно на 40 % и находится в пределах 50...65 мкм.

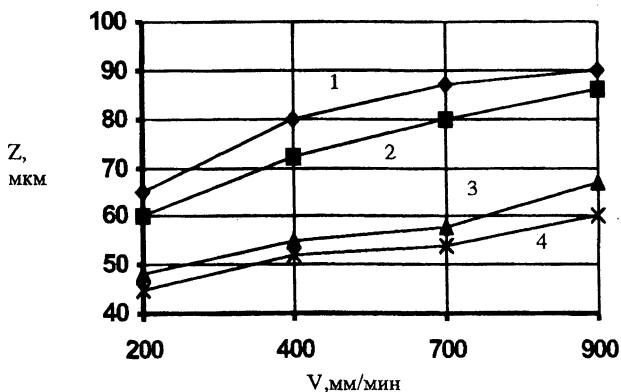


Рис. 3. Зависимость величины припуска на механическую обработку упрочненного слоя от скорости перемещения луча лазера на втором проходе:

- 1 — борирование ( $\Delta = 0$ ); 2 — борирование ( $\Delta = 0,5$ );  
 3 — борохромирование ( $\Delta = 0$ ); 4 — борохромирование ( $\Delta = 0,5$ )

Толщина легированного слоя после финишной операции имеет наибольшую величину при случае лазерном борировании, так как данный метод обеспечивает большую исходную глубину легирования, и при обработке со смещением лазерных дорожек, так как в этом случае значительно снижается величина припуска на обработку. В случае лазерного борохромирования при обработке без смещения дорожек легированный слой имеет толщину менее 100 мкм, что меньше допуска на износ для большого количества деталей, работающих в трибосопряжениях. В случае борохромирования со смещением дорожек соответствующая величина составляет от 100 до 130 мкм. Гарантированная толщина рабочего слоя после механической обработки упрочненной поверхности для разных вариантов лазерного борирования составляет от 130 до 180 мкм.

### Выводы:

1. Установлено, что характер формирования микрорельефа определяется механизмом оплавления боридных покрытий. Уровень нарушений микрогеометрии зависит от перемещения луча лазера при последнем проходе и находится в пределах:  $R_z$  от 40 до 80 мкм. Смещение оси лазерных дорожек при повторных проходах на половину диаметра пятна излучения обеспечивает снижение величины высотных параметров микрогеометрии примерно на 30 %.

2. Сравнение требуемых припусков под механическую обработку с результатами измерений глубины слоя показывает, что величина остающегося после механической обработки упрочненного слоя находится в пределах от 80 до 130 мкм при борохромировании и от 130 до 180 мкм при борировании, что превышает допустимую величину износа для большинства деталей, работающих в трибосопряжениях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Девойно О.Г., Ситкевич М.В., Спиридонов Н.В. Поверхностное легирование бором и хромом при лазерном нагреве / Вести АН БССР. Серия физико-технических наук. — 1987. — №1. — С. 51–56. 2. Григорянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. — М.: Машиностроение, 1989. — С. 122–139.

УДК 621. 793

**С.А. Иващенко, А.М. Самаль, В.М. Голушко**

### **ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖКИ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Качество и долговечность защитных покрытий зависят не только от свойств материала покрытия, но и от подготовки поверхности подложки. Подготовка поверхности — одна из основных операций технологического процесса нанесения покрытий. В некоторых отраслях промышленности она составляет до 10 % трудоемкости изготовления изделий [4, 7]. Интенсификация процесса подготовки поверхности является большим резервом повышения производительности труда и снижения себестоимости изделий. Поэтому усовершенствование процесса подготовки поверхности является весьма актуальной технической задачей.

Подготовка поверхности при получении покрытий, включает очистку поверхности, придание ей соответствующего профиля (микрорельефа) и определенных физико-химических характеристик, что обеспечивает необходимую адгезию покрытий и товарный вид изделия. Очистка поверхности — это удаление с поверхности вредных или нежелательных посторонних веществ.



Для вакуумно-плазменных методов нанесения покрытий главная цель предварительной обработки — это удаление загрязнений. Наличие загрязнений на поверхности при вакуумизации приводит к загрязнению вакуума, нарушению нормального хода технологического процесса и получению покрытия низкого качества. Различают три степени загрязнения поверхности [4]:

1. Слабая. При слабом загрязнении поверхность деталей покрыта легкими неравномерными загрязнениями (масла, пыль);

2. Средняя. При среднем загрязнении поверхность деталей покрыта небольшим равномерным слоем смазки, эмульсионных охлаждающих жидкостей и т.д. Такое загрязнение характерно в основном для деталей, находящихся в стадии механической обработки. Эта степень характеризуется удельным содержанием загрязнений до  $5 \text{ г/м}^2$ ;

3. Сильная. При сильном загрязнении (более  $5 \text{ г/м}^2$ ) поверхность деталей покрыта толстым слоем консервационной смазки или масла.

Существующие методы подготовки поверхности под нанесение покрытий подразделяются на [2]: механические, химические, электрохимические и физические.

К механическим методам относятся: шлифование, полирование, галтовка, виброабразивная обработка. В ряде случаев эта обработка с использованием жидких химических активаторов, по существу, является химико-механической. Следует отметить, что наряду с очисткой поверхности, механические методы изменяют ее микрогеометрию, величину наклепа и остаточных микронапряжений. Достоинствами механических методов являются универсальность технологий и применяемого оборудования, достижение необходимой шероховатости поверхности. Однако данные методы имеют ряд недостатков: образование дефектного поверхностного слоя, что в конечном итоге ухудшает качество покрытий, загрязнение поверхности, кроме этого, механические методы приводят к анизотропии физико-механических свойств материала подложки.

Химическая обработка включает обезжиривание, травление и полирование. Химический способ удаления жировых отложений основан на взаимодействии с ними как органических, так и неорганических растворителей. Обезжиривание проводят погружением заготовок в жидкий растворитель, а также используют струйную обработку. Для получения низкой шероховатости дополнительно производят химическое полирование (ХП) — обработку поверхности детали в электролите, протекающую без подвода внешнего тока в результате окислительно-восстановительных реакций системы металл-раствор.

Для подготовки поверхности используют также электрохимическое полирование (ЭХП), под которым понимают процесс обработки поверхности

детали в электролите с подводом внешнего тока (постоянного и переменного). При ЭХП процесс очистки протекает очень интенсивно за счет обильно выделяющегося на поверхности детали газа и электрохимического растворения окислов и металлов. К преимуществам ЭХП и ХП относятся [5]: возможность использовать эти методы для обработки изделий из вязких, твердых и хрупких материалов; данные методы позволяют уменьшить дефектные и газонасыщенные слои; исключают направленную анизотропию магнитных свойств; обладают высокой производительностью. Недостатки ЭХП и ХП связаны с применением кислот и других агрессивных веществ, которые загрязняют окружающую среду.

В последние годы все более широкое применение находит электроимпульсное полирование (ЭИП), являющееся разновидностью электрохимического метода подготовки поверхности. Технология ЭИП основана на использовании импульсных электрических разрядов, возникающих вдоль всей поверхности обрабатываемой детали, погруженной в электролит. Отличие от обычного электрохимического процесса полирования состоит в том, что вследствие интенсивного протекания электролитических процессов и вскипания электролита под действием тока значительной плотности около обрабатываемой поверхности детали образуется динамически устойчивая парогазовая оболочка, имеющая по сравнению с электролитом повышенное электрическое сопротивление. Комплексное физико-химическое воздействие на поверхность детали позволяет за короткое время производить полирование поверхности с использованием в качестве электролита нетоксичных бескислотных растворов. Этот способ обеспечивает выполнение всех требований к подготавливаемой поверхности и характеризуется высокой производительностью и экологической чистотой. [2]

Физические методы подготовки поверхности включают воздействие на нее высокоэнергетических частиц (ионов, электронов, фотонов), а также тепловое воздействие (вакуумный отжиг) при котором выгорают жидкие органические загрязнения и происходит активация и дегазация металла.

В технологии нанесения вакуумных покрытий понятие «чистая поверхность» включает два вида чистоты поверхности: физически чистая и химически чистая. Первая получается после удаления всех механических загрязнений (пыль, жиры и пр.), вторая — после удаления химических загрязнений (окислов и других продуктов коррозии основного металла).

При вакуумно-плазменном нанесении покрытий на металлические изделия подготовка поверхности состоит из двух этапов: внекамерной и внутрикамерной подготовки. Внекамерная обработка осуществляется путем мойки изделий в бензине, ацетоне и последующей протирки спиртом ректифика-

том. Внутрикамерная подготовка — это бомбардировка поверхности подложки ускоренными высокоэнергетичными ( $E \approx 10^3$  эВ) ионами материала катода (ионная бомбардировка). Ионная бомбардировка относится к физическим методам подготовки поверхности и производится с целью очистки и термической активации поверхности. Следствием ионной бомбардировки является изменение микрорельефа исходной поверхности, обусловленное процессами распыления выступов и травления впадин [1, 3]. В результате образуется поверхность с показателями шероховатости отличными от исходных. При этом шероховатость поверхности изделия с вакуумно-плазменным покрытием во многом определяется шероховатостью поверхности после ионной бомбардировки.

Изменение топографии металлической поверхности зависит как от продолжительности взаимодействия ионов с поверхностью подложки, так и от исходной шероховатости поверхности. При воздействии потока ионов на подложку с первоначальной шероховатостью  $R_a = 0,03$  мкм наблюдается процесс развития поверхностного рельефа. Шероховатость поверхности  $R_a$  возрастает в 3–4 раза по сравнению с исходной. С увеличением продолжительности времени ионной бомбардировки формируется квазиравновесный рельеф (скорость роста выступов равна скорости их распыления). При этом шероховатость поверхности зависит от величины ускоряющего напряжения на подложке. При ионной бомбардировке образцов с первоначальной шероховатостью  $R_a = 0,3$  мкм из-за повышенной напряженности электрического поля на выступах вначале превалирует распыление пиков микронеровностей, затем доминирует процесс растравливания впадин.

Подготовка поверхности изделий из аморфных материалов (стекло, керамика и др.) для формирования вакуумно-плазменных покрытий имеет ряд принципиальных отличий, связанных со значительно более низкой теплопроводностью аморфных материалов и их высокой пористостью.

Высокая пористость аморфных материалов ограничивает возможность использования традиционных средств внекамерной очистки поверхности перед нанесением вакуумно-плазменных покрытий. В связи с этим к чистоте исходной поверхности изделий из аморфных материалов предъявляются весьма жесткие требования, и внекамерная подготовка поверхности под нанесение покрытий включает специальные способы мойки и последующую сушку при высокой температуре.

Невысокая теплопроводность аморфных материалов не позволяет использовать для внутрикамерной обработки бомбардировку поверхности подложки высокоэнергетическими ионами материала катода, так как возникающий в поверхностном слое большой температурный градиент приводит к растрескива-

нию материала подложки. Поэтому внутрикамерная подготовка поверхностей изделий из аморфных материалов включает операции физической очистки, заключающиеся в нагреве и удалении поверхностного дефектного слоя за счет воздействия низкоэнергетичных ионов инертных газов.

Из всего вышеизложенного следует, что процесс подготовки поверхности под нанесение вакуумно-плазменных покрытий включает ряд сложных, многофакторных операций, оказывающих существенное влияние на качество и эксплуатационные характеристики покрытий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вершина А. К. Научные и технологические основы формирования ионно-плазменных покрытий с регламентированными цветовыми параметрами: Автореферат дис. на соиск. уч. ст. д.т. наук: Минск — 2001. — 25 с.
2. Газотермические и вакуумно-плазменные покрытия со специальными физико-механическими свойствами/ С. А. Иващенко, И. С. Фролов, Ж. А. Мрочек — Мн.: УП «Технопринт», 2001. — 236 с.
3. Иващенко С. А. Теоретические и технологические основы формирования многофункциональных газотермических и вакуумно-плазменных покрытий: Автореферат дис. на соиск. уч. ст. д.т. наук: Минск — 2002. — 26 с.
4. Козлов Ю. С., Кузнецов О. К., Тельнов А. Ф. Очистка изделий в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1982. — 264 с.
5. Липкин Я. Н., Бершадская Т. М. Химическое полирование металлов. — М.: Машиностроение, 1988. — 112 с.
6. Мрочек Ж. А., Эйзнер Б. А., Марков Г. В. Основы технологии формирования многокомпонентных вакуумных электродуговых покрытий. — Мн.: Наука і тэхніка, 1991. — 96 с.
7. Скорин Г. Г., Подобедова Т. С., Колесников В. В., Руттен М. Я., Соловьев В. Г. Подготовка поверхности металлических изделий и оборудования под различные покрытия // Обзор инф. сер. «Горнохимическая промышленность». М.: НИИТЭХИМ, 1987. — 55 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВИБРОУДАРНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ДЕФОРМИРУЮЩИМ ИНСТРУМЕНТОМ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Акустические колебательные системы с промежуточным деформирующим инструментом широко применяются в различных технологических процессах, связанных с обработкой материалов поверхностным пластическим деформированием, в частности, для поверхностного упрочнения деталей машин и шаржирования режущего инструмента зёрнами абразивных порошков, и известны как разомкнутые акустические системы. Характерной особенностью разомкнутых акустических систем является возможность возникновения виброударного режима взаимодействия промежуточного инструмента с деформируемым основанием. При этом режим взаимодействия инструмента с основанием определяется амплитудой ультразвуковых колебаний акустической системы, величиной статической нагрузки на инструмент и упругими свойствами основания. Для виброударного режима работы системы характерно возникновение колебаний деформирующего инструмента с амплитудой, значительно превышающей амплитуду ультразвукового воздействия, что применительно к процессу шаржирования способствует созданию оптимальных условий для гарантированной доставки абразивных частиц в зону шаржирования. Кроме того, в виброударном режиме возрастает значение импульса сил реакции, действующих в зоне контактного взаимодействия инструмента с основанием, за цикл виброударного взаимодействия по сравнению с импульсом сил реакции за то же время в случае замкнутого ультразвукового контакта, что способствует интенсификации процесса пластического деформирования обрабатываемого материала.

Известны различные математические модели разомкнутых акустических систем технологического назначения. Например, в [1] рассматриваются колебания тела на пружине между подвижным и неподвижным ограничителями. Однако при этом не рассматривается динамика движения тела, поверхность которого выполняет в системе роль подвижного ограничителя. Таким телом в реальных технологических системах является электроакустический преобразователь с трансформатором скорости колебаний (концентратором), а роль ограничителя играет торец concentra-

тора. В указанной модели колебания торца концентратора считаются обусловленными только волновым процессом. При этом смещения концентратора, обусловленные обменом импульсом с промежуточным деформирующим инструментом, не рассматриваются. Однако в начальной фазе виброударного взаимодействия деформация основания происходит преимущественно за счет передачи импульса от концентратора к основанию через промежуточный инструмент в момент силового замыкания звеньев акустической системы, то есть определяется динамикой движения концентратора. В данной работе дано математическое описание динамики движения концентратора при его отходе от основания. В качестве модели концентратора принят абсолютно жесткий стержень массой  $M$ , установленный с возможностью осевого перемещения в идеальных направляющих и связанный своим торцем с упругим невесомым элементом [2]. При этом смещения торца концентратора, обусловленные волновым процессом, рассматриваются в данной модели как смещения торца жесткого стержня, обусловленные вынужденным перемещением центра масс стержня по закону

$$f(t) = A(1 - \cos(\omega t)),$$

где  $A$  — амплитуда колебаний торца концентратора;  $\omega$  — циклическая частота ультразвуковых колебаний.

Данный закон описывает колебательные смещения торца полуволнового концентратора, связанного с магнитострикционным электроакустическим преобразователем. Промежуточный деформирующий инструмент представлен в виде материальной точки массой  $m$ . Начальный размер  $u_0$  упругого элемента характеризует предварительную деформацию основания, вызванную статической нагрузкой  $P$ , приложенной к концентратору. Деформация основания в случае  $f \geq u$  определяется величиной  $f - u$ . В начальный момент времени  $f(0) = 0$  и предварительная деформация основания определяется величиной  $-u_0$ . Сила, возникающая в упругом элементе, определяется выражением

$$R = \begin{cases} c(f - u), & f \geq u, \\ 0, & f < u, \end{cases} \quad (1)$$

где  $c$  — жесткость основания.

Расчетная схема системы при разрыве силового контакта звеньев приведена на рис. 1. Здесь 1 — деформируемое основание, 2 — промежуточный деформирующий инструмент, 3 — невесомый упругий элемент, 4 — абсолютно жесткий стержень.

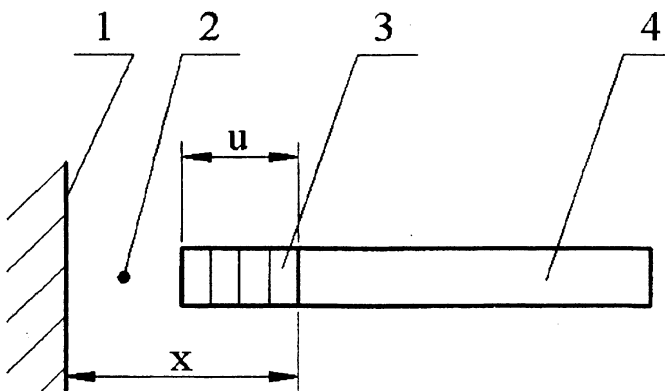


Рис. 1. Расчетная схема разомкнутой акустической системы

В качестве начала отсчета времени выберем момент наибольшего сближения стержня с основанием и рассмотрим фазу отхода концентратора от основания  $0 \leq t \leq t_1$ , ограниченную условием  $R \geq 0$ . Уравнение движения стержня в данной фазе имеет вид

$$M\ddot{x} = R - P. \quad (2)$$

Учитывая, что в рассматриваемой фазе  $u(t) = x(t)$ , и подставляя характеристику упругого элемента (1) в уравнение (2), получим уравнение

$$\ddot{x} + \lambda^2 x = \lambda^2 f(t) - P/M, \quad (3)$$

где  $\lambda^2 = c/M$ .

Начальные условия имеют вид  $x(0) = u_0$ ,  $\dot{x}(0) = 0$ . При данных начальных условиях уравнение (3) имеет решение

$$x(t) = -(A - P/c - u_0) \cos(\lambda t) + A - P/c + \frac{A\lambda^2}{\omega^2 - \lambda^2} \cos(\omega t). \quad (4)$$

Так как выполняется условие  $\lambda \ll \omega$ , то последним слагаемым можно пренебречь. Тогда скорость стержня будет определяться выражением

$$\dot{x}(t) = \lambda(A - P/c - u_0) \sin(\lambda t). \quad (5)$$

Так как в рассматриваемой фазе  $\dot{x}(t) > 0$ , то из выражения (5) имеем

$$A - P/c - u_0 > 0. \quad (6)$$

Сила, возникающая в упругом элементе, будет согласно уравнению (2) определяться выражением

$$R = M\ddot{x} + P = c(A - P/c - u_0) \cos(\lambda t) + P.$$

Момент отрыва концентратора от основания определяется условием

$$R = 0:$$

$$\cos(\lambda t_1) = -\frac{P}{c(A - P/c - u_0)}. \quad (7)$$

Уравнение (7) разрешимо при условии  $\frac{P}{c|A - P/c - u_0|} < 1$ , которое с учетом неравенства (6) принимает вид

$$A > 2P/c + u_0. \quad (8)$$

Условие (8) является условием возникновения в системе виброударного режима.

Рассмотрим далее фазу  $t_1 \leq t \leq t_2$ , начало которой соответствует моменту разрыва контакта концентратора с основанием и в которой реакция  $R(t)$  может принимать ненулевые значения в моменты касания концентратора с основанием, возникающего вследствие колебательных смещений торца концентратора. Если пренебречь силами реакции, значение которых в моменты касания концентратора с основанием убывает по мере удаления концентратора, то уравнение движения стержня в рассматриваемой фазе будет иметь вид

$$M\ddot{x} = -P. \quad (9)$$

Начальные условия для уравнения (9) могут быть определены, как значения функций (4) и (5) в момент времени  $t = t_1$ :

$$x(t_1) = A, \quad \dot{x}(t_1) = \lambda \sqrt{A(A - 2P/c)}. \quad (10)$$

Здесь и далее для упрощения рассуждений полагаем  $u_0 = 0$ .

Так как  $x(t_1) = u(t_1) = A$  и при  $t = t_1$  реакция  $R(t)$  обращается в нуль, то размер упругого элемента в недеформированном состоянии  $u_{\max} = A$ .

Частное решение уравнения (9) с начальными условиями (10) определяется выражением

$$x(t) = -\frac{P(t - t_1)^2}{2M} + \lambda \sqrt{A(A - 2P/c)}(t - t_1) + A.$$

Момент окончания рассматриваемой фазы движения определяется из уравнения  $x(t_2) = 2A$ :

$$t_2 = t_1 + \frac{M}{P} \left\{ \lambda \sqrt{A(A - 2P/c)} - \sqrt{\lambda^2 A(A - 2P/c) - 2PA/m} \right\}.$$



Число ультразвуковых колебаний за время рассматриваемой фазы

$$N = \frac{\omega(t_2 - t_1)}{2\pi}.$$

Для оценки импульса, переданного основанию, используем выражение

$$I = kNi,$$

где  $k$  — коэффициент восстановления скорости при ударе об основание;  $i$  — импульс, переданный основанию за один удар при значении координаты стержня  $x = 3A/2$ .

Импульс  $i$  определяется выражением

$$i = \int_0^{2\pi/\omega} R(t)\eta(R)dt = \frac{cA}{\omega} \left( \sqrt{3} - \frac{\pi}{3} \right).$$

Здесь  $\eta(R)$  — единичная функция Хевисайда;  $R(t) = c(f(t) - 3A/2)$  — реакция основания при ударе.

Таким образом, на основе математического описания динамики движения концентратора в разомкнутой акустической системе выполнена оценка величины импульса, передаваемого деформируемому основанию концентратором через промежуточный деформирующий инструмент в моменты силового замыкания звеньев системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клубович В.В., Вагапов И.К., Сакевич В.Н. Исследование виброударных режимов тела массой  $m$ , движущегося между неподвижным и колеблющимся ограничителями // ДАН БССР. — 1986. — Т. 30, № 8. — С. 717–719.
2. Киселев М.Г., Ибрагимов В.А. Математическое моделирование процесса контактного взаимодействия тел в условиях ультразвукового нагружения // Приборостроение. — 1989. — № 11. — С. 98–102.

Л.М. Кожуро, Ж. А. Мрочек, А.В. Миранович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ,  
СФОРМИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКОЙ  
С РАЗЛИЧНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ***Белорусский национальный технический университет,  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
Минск, Беларусь*

В последнее время при упрочнении и восстановлении поверхностей деталей машин все большее применение находят способы нанесения покрытий с использованием композиционных порошков и электромагнитной наплавки (ЭМН). Такой способ формирования покрытий оказывается экономически эффективнее при упрочнении поверхностей деталей при их изготовлении, а также при восстановлении последних с малым износом, например, посадочных поверхностей валов под подшипники, звездочки, зубчатые колеса, муфты и др.

На структуру наплавленного металла, а значит, на эксплуатационные свойства поверхностей оказывает влияние не только химический и фазовый составы покрытий, но и технологические параметры ЭМН [1]. Так при изменении режима наплавки меняются условия формирования покрытий, геометрические характеристики и химическая неоднородность наплавленного материала.

Известно [2], что одним из основных технологических параметров ЭМН является величина магнитной индукции ( $B$ ) в рабочем зазоре, соблюдение постоянства которой во времени обеспечивает устойчивый и стабильный процесс наплавки и получение качественных покрытий с требуемыми триботехническими и эксплуатационными характеристиками. При этом практика использования установок ЭМН показывает, что на магнитную индукцию значительное влияние оказывает конструктивное исполнение различных магнитных систем. В качестве устройств, формирующих магнитное поле в рабочем зазоре, используются магнитные системы на выпрямленном токе и с постоянными магнитами из сплава Al-Ni-Co-Fe, например, ЮНДК24Т (ГОСТ 17809 –72). Ранее, результаты проведенных исследований [3] показали, что первые позволяют получать периодически изменяющуюся во времени величину магнитной индукции в рабочем зазоре и, соответственно, недостаточно качественное покрытие (неравномерное по толщине, с повышенной пористостью и шероховатостью), вторые — обеспечивают более равномерное рас-

пределение расплава материала порошка по обрабатываемой поверхности заготовки, что улучшает качество покрытий.

Однако, поскольку наплавленный металл отличается в той или иной степени неоднородностью структуры и химического состава, значительными изменениями величины твердости и высокой внутренней напряженностью, представляет практический интерес оценка износостойкости материала покрытий, полученных ЭМН различных порошков.

**Цель работы** — исследование износостойкости покрытий, полученных наплавкой композиционных порошков на железной основе с использованием установок электромагнитной наплавки с электрическими и постоянными магнитами.

**Материалы, оборудование и методики исследования.** Износостойкость покрытий, полученных ЭМН с электрическими и постоянными магнитами, измерялась для условий гидроабразивного изнашивания при трении скольжения. Испытание материалов проводилось с использованием машины 2070 СМТ-1 по схеме «диск — колодка».

Покрытия толщиной 1 мм наносили на цилиндрические нормализованные образцы из стали 45 с наружным диаметром 40 мм. Колодка из чугуна ХТВ (ГОСТ 3185-74) имела высоту 10 мм, что позволяло сохранять измерительную базу, так как по краям образца оставались цилиндрические ленточки. Линейные измерения образцов проводили в двух взаимноперпендикулярных плоскостях по двум сечениям, толщину колодки измеряли по двум сечениям, используя оптический длинномер ИЗВ-1 (точность измерения 0,001 мм).

Для ускорения процесса изнашивания наплавленной поверхности использовали масляно-абразивную смесь (масло индустриальное И-20, содержащее 2 % карбида бора зернистостью 4 ... 5 мкм). Для каждой партии испытываемых образцов в ванну установки заливали новую порцию смеси. Абразивные частицы во взвешенном состоянии в период испытаний поддерживались лопастями крыльчатки, закрепленной на одном валу с образцом, стабильность температурного режима смеси контролировалась и сохранялась постоянной.

Образцы после наплавки покрытий шлифовались с использованием круглошлифовального станка модели ЗБ64 до получения шероховатости поверхности  $Ra = 0,63$  мкм. Затем они прирабатывались с колодкой. Окончание приработки определяли по стабилизации величины момента трения пары.

Режим испытаний соответствовал условиям работы деталей в реальных условиях работы узла машины, для которых характерна скорость скольжения до 3,0 м/с и удельная нагрузка 1,5 ... 3,0 МПа. Испытывали партии по пять образцов.

Оценку износостойкости покрытий при сравнительных испытаниях проводили по средней для испытываемых покрытий интенсивности изнашивания  $I$ , определяемой по формуле

$$I = \omega / h,$$

где  $\omega$  — линейный износ на диаметр образца, мкм;  $h$  — путь трения за время испытаний, км, равный

$$h = \pi \cdot D \cdot N \cdot 10^{-6},$$

где  $D$  — диаметр образца, мм;  $N$  — общее число оборотов, совершенное образцом.

При испытаниях определяли величину момента и коэффициент трения пар с покрытиями, сформированных при различных условиях наплавки.

Коэффициент трения определяли:

$$f = M_{\text{тр}} / (R \cdot P),$$

где  $M_{\text{тр}}$  — момент трения, Н·м;  $R$  — радиус образца, м;  $P$  — нагрузка на образец, Н.

Все полученные экспериментальные величины по износостойкости покрытий, подвергались статистической обработке.

Измерения износостойкости покрытий проводили на образцах, наплавленных и обработанных при оптимальных условиях и режимах наплавки, представленных в работах [1, 2]. Результаты исследований сопоставляли с эталоном (сталь 45 закаленная и нормализованная, 52 ... 54 HRC). Учитывалось, что абразивное изнашивание имеет преимущественно механический характер разрушения поверхности и интенсивность его в наибольшей степени зависит от твердости сопрягаемых материалов, удельной нагрузки и скорости перемещения.

**Результаты и обсуждение.** Результаты испытаний представлены на рис. 1 и 2, анализ которых показывает, что влияние на износостойкость покрытий оказывает не только химический и фазовый составы покрытий, но и конструктивное исполнение различных магнитных систем. Так покрытия, полученные ЭМН с постоянными магнитами, для всех исследуемых материалов ферропорошков имеют более высокую износостойкость по сравнению с покрытиями, полученными ЭМН с электрическими магнитами. Обусловлено это тем, что при нанесении покрытий с использованием постоянных магнитов снижается пористость, шероховатость, повышается их плотность и однородность.

$I$ , мкм/км

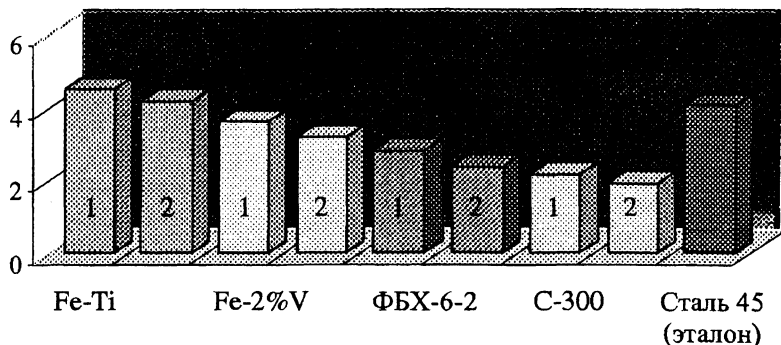


Рис. 1. Диаграмма интенсивности изнашивания покрытий, полученных ЭМН с электрическими (1) и постоянными (2) магнитами

Анализ результатов исследований показал, что пористость и шероховатость покрытий, полученных ЭМН с электрическими и постоянными магнитами составляют соответственно  $P = 10 \dots 16\%$ ,  $Ra = 25 \dots 50$  мкм и  $P = 6 \dots 10\%$ ,  $Ra = 12,5 \dots 25$  мкм. Видно, что с уменьшением пористости и шероховатости покрытий повышается твердость и соответственно износостойкость последних.

$I$ , мкм/км

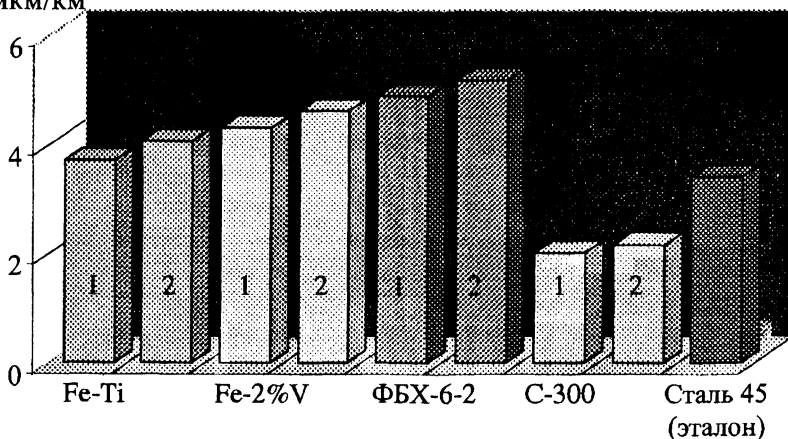


Рис. 2. Диаграмма интенсивности изнашивания контртела

Показано, что наибольшей износостойкостью обладают покрытия из порошков ферроборхрома ФБХ-6-2 и сплава С-300, полученного на основе высокохромистого чугуна. Износостойкость этих покрытий значительно выше износостойкости эталона (сталь 45). Так, она в 1,6 ... 1,9 раза больше для ЭМН с электрическими магнитами и в 1,8 ... 2,2 раза — для ЭМН с постоянными магнитами. Износостойкость покрытий по сравнению с эталоном для Fe-2%V больше в 1,1 и 1,3 раза при использовании установок с электрическими и постоянными магнитами. Покрытия из порошка Fe-Ti имеют износостойкость почти равную эталону. Такую низкую износостойкость по сравнению с остальными исследуемыми составами порошков можно объяснить отсутствием карбидных фаз в структуре покрытия из порошка Fe-Ti.

Таким образом, в порядке убывания износостойкости покрытий последние можно расположить в следующей последовательности:

С-300 → ФБХ-6-2 → Fe-2%V → Сталь 45 (эталон) → Fe-Ti.

Анализ результатов испытаний износостойкости контртела и покрытий (рис. 1 и 2) показывает, что минимальный износ контртела и пары сопряжения получен для порошка С-300, что, вероятно, обусловлено в первую очередь наличием в структуре покрытия остаточного аустенита — пластичной и более мягкой фазы, которая выполняет роль демпфера, снижающего динамические нагрузки на поверхность и ускоряет процесс приработки пары «деталь-контртело». Износостойкость образцов с покрытиями из порошка С-300 по сравнению с эталоном для покрытий, полученных ЭМН с электрическими и постоянными магнитами, увеличилась соответственно в 1,3 и 1,5 раза. Для покрытий из порошков ФБХ-6-2, Fe-2%V, Fe-Ti износостойкость увеличилась соответственно в 1,2 и 1,5; 1,1 и 1,3; 1,05 и 1,15 раза соответственно. Последние пары трения имеют по сравнению с первой наибольший момент и коэффициент трения со смазкой и без нее. Следовательно, для пары трения, работающей при трении скольжения, следует использовать покрытия из порошка С-300, а для неподвижных соединений лучшими будут покрытия из порошков ФБХ-6-2, Fe-2%V, Fe-Ti.

Известно [1], что одним из важных показателей качества процессов формирования рабочих поверхностей трения при любых технологических схемах являются стабильность и воспроизводимость эксплуатационных свойств изделий. В этой связи значительный интерес вызывает сопоставление дисперсии результатов испытаний износостойкости покрытий, полученных ЭМН с использованием устройств с электрическими и постоянными магнитами.

Анализ результатов испытаний износостойкости покрытий показал, что разброс экспериментальных данных не превышает 13 % для ЭМН с электри-

ческими магнитами и 7% для устройств с постоянными магнитами. Это свидетельствует о более устойчивом и стабильном процессе ЭМН с постоянными магнитами.

**Выводы.** Установлено, что на величину износостойкости покрытий оказывает влияние не только химический и фазовый составы покрытий, но и механизм воздействия магнитной индукции в рабочем зазоре на поверхность заготовки, зависящий от конструктивного исполнения магнитных систем. Наибольшей износостойкостью обладают покрытия из порошка ФБХ-6-2 и сплава С - 300. Износостойкость этих покрытий выше износостойкости эталона в 1,5; 1,9 и 1,8; 2,1 раза для ЭМН с электрическими и постоянными магнитами соответственно. Покрытия, полученные ЭМН с постоянными магнитами, для всех исследуемых материалов порошков имеют износостойкость выше на 20 ... 35 % по сравнению с покрытиями, полученными с электрическими магнитами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кожуро Л. М., Чемисов Б. П. Обработка деталей машин в магнитном поле. — Мн.: Навука і тэхніка, 1995. — 232 с. 2. Кожуро Л. М., Миранович А. В., Тризна В. В. Моделирование процесса восстановления деталей машин с применением гибкого производственного модуля на постоянных магнитах // Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин: Материалы 3 респ. науч.-техн. конф., Мн., 13–15 ноября 2002 г / Минсельхозпрод РБ, БГАТУ. — Мн., 2002. — С. 82–84. 3. Кожуро Л. М., Мрочек Ж. А., Миранович А. В. Повышение эффективности процесса электромагнитной наплавки // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии в машиностроении: Материалы межд. науч.-техн. конф., Мн., 26–30 мая 2003 г. / Машиностроение. — Мн., 2003. — Вып. 19. — С. 97–100.

## ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОГЛОЩАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРМООБРАБОТКЕ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Во время работы пуансон и матрица деформируют штампуемый материал и, так как процесс штамповки осуществляется при высоком давлении, то сами рабочие части также подвергаются деформации. Закаленные рабочие поверхности испытывают в основном упругую деформацию, что приводит в процессе выработки установленного количества циклов обработки к накоплению малых остаточных деформаций. Последние в свою очередь изменяют размеры рабочих поверхностей и, как следствие, нарушают геометрию вырубаемого изделия. Поэтому материал для изготовления штампов необходимо выбирать исходя из конкретных условий работы с расчетом на высокую стойкость оснастки.

Наиболее важной характеристикой стойкости является твердость поверхности рабочих частей, которая в большинстве случаев должна быть значительно выше твердости вырубаемых изделий. Она достигается не только выбором материала для деталей штампов, исходя из соотношения прочностных характеристик штампуемого материала с рабочими частями, но и термической обработкой штампов. В область этой обработки входит не только широко применяемая термическая и химико-термическая обработка, но и поверхностная обработка высококонцентрированными потоками энергии, например, такими как лазерное излучение. Показателем того, что рабочие части штампа имеют высокую стойкость, является их способность сохранять заостренную режущую кромку.

Большинство разделительных штампов выполняются из инструментальных и легированных сталей. Кроме того, в последнее время, широко применяют штампы и вставки в них из твердых сплавов.

В разделительных штампах твердость пуансона меньше твердости матриц. Это связано с тем, что при выполнении технологической операции пуансон работает с ударной нагрузкой и, следовательно, в большей степени подвержен выкрашиванию. Также, благодаря такому сочетанию значительно облегчается взаимная пригонка при штамповке и увеличения количества рабочих циклов обработки. Разница в твердости рабочих частей может дости-



гать до 10 HRC. Согласно литературных источников наиболее оптимальным будет использование пуансонов с твердостью рабочих поверхностей 52...56 HRC и твердосплавных матриц с твердостью 83...85 HRA [1,2].

Достижение необходимой твердости рабочих частей матрицы неизбежно связана с использованием вставок из твердых сплавов. Последние имеют преимущества в вырубных штампах с простой конфигурацией вырубных окон, однако при более сложных геометрических формах, возникают проблемы изготовления и крепления твердосплавных вставок. Одним из выходов можно считать использование для изготовления матриц легированных сталей с закалкой рабочих поверхностей импульсным лазерным излучением.

Термическое упрочнение лазерным излучением в силу своей технологической специфики — локального нагрева, малого пятна контакта, высокой скорости нагрева и охлаждения, структурным изменениям — создает на обрабатываемом материале поверхностный слой, имеющий схожие со сплавами характеристики по твердости [3]. Кроме перечисленных выше технологических особенностей лазерной закалки к ним также относится величина коэффициента поглощения инфракрасного излучения и распределение твердости по глубине упрочненного слоя. Последнее имеет свои особенности. При лазерном термоупрочнении отдельные слои обрабатываемого участка прогреваются по глубине до разных температур, вследствие чего, зона лазерного воздействия (ЗЛВ) имеет сложное строение. Первый слой — зона закалки из твердой фазы. В нашем случае лазерное упрочнение является финишной обработкой и изменение геометрических характеристик качества рабочих поверхностей нежелательно [4]. Второй слой — переходная зона, третий — слой основного материала. Согласно литературных источников [5–7] наиболее оптимальным, с точки зрения работоспособности режущих поверхностей, является сочетание высокой твердости закаленного слоя с широкой переходной зоной. А также, по [8] закалка импульсным излучением имеет ряд преимуществ (например, чешуйчатая структура ЗЛВ) перед закалкой непрерывным лазерным излучением.

В данной работе рассматриваются исследования по определению оптимальной толщины поглощающего покрытия в зависимости от распределения микротвердости по глубине упрочненного слоя (плавности перехода от упрочненной зоны к основному, незакаленному, слою) при лазерной закалке импульсным излучением.

Для проведения эксперимента были изготовлены три группы образцов размером 30x20x10 мм из предварительно закаленной и отпущенной стали X12M. Поверхности образцов обрабатывались до тех же геометрических характеристик поверхности, что и зеркало матрицы в производственных ус-

ловиях. В связи с тем, шлифованные поверхности металлов отражают до 90% попадающего на него излучения, то для увеличения эффективности воздействия, на поверхность образцов согласно [9] наносилось комплексное покрытие из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета и окисной пленки ортофосфорной кислоты. Толщина покрытия варьировалась в пределах от 5 до 15 мкм. Облучение производили на промышленной установке «Квант-18М» при мощности излучения в  $W_p = 6,8 \times 10^4 \text{ Вт/см}^2$  и  $W_p = 8,4 \times 10^4 \text{ Вт/см}^2$  для всех групп образцов. После обработки образцы подвергались травлению раствором азотной кислоты для проявления закаленных слоев. Исследования микротвердости производились на шлифах образцов на лабораторной установке ПМТ-3.

Результаты обработки полученных данных отображены на рис. 1 и 2.

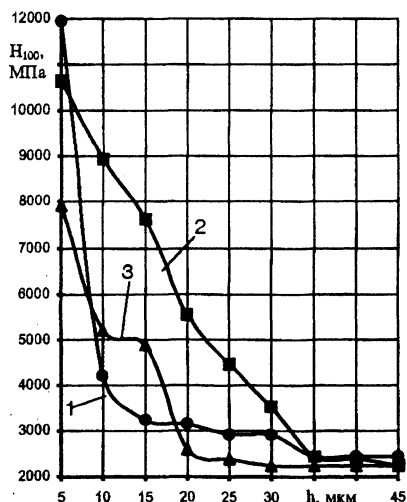


Рис. 1. Зависимость распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя при мощности  $W_p = 6,8 \times 10^4 \text{ Вт/см}^2$  от толщины покрытия:

1 —  $h = 5 \text{ мкм}$ ; 2 —  $h = 10 \text{ мкм}$ ;  
3 —  $h = 15 \text{ мкм}$

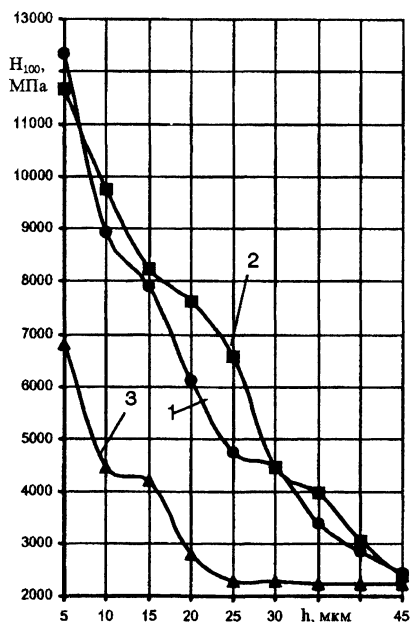


Рис. 2. Зависимость распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя при мощности  $W_p = 8,4 \times 10^4 \text{ Вт/см}^2$  от толщины покрытия:

1 —  $h = 5 \text{ мкм}$ ; 2 —  $h = 10 \text{ мкм}$ ;  
3 —  $h = 15 \text{ мкм}$

Из графиков видно, что при малой величине покрытия не зависимо от мощности излучения переходная зона практически отсутствует, что в процессе работы матрицы штампа непременно приведет к отслаиванию закаленной зоны, с увеличением толщины покрытия и мощности излучения происходит постепенное уменьшение поверхностной твердости и глубины ЗЛВ.

Анализ результатов проведенных исследований приводит к выводу, что наиболее оптимальное распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя достигается при толщине покрытия  $h = 10$  мкм и мощности излучения  $W_p = 8,4 \times 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>, так как при данных условиях достигается плавность перехода от упрочненной зоны к основному, незакаленному, слою, при высокой поверхностной твердости обработанной поверхности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Подготовительные работы. – М.: Машиностроение, 1974. – 364 с.
2. Михайленко Ф.П. Стойкость разделительных штампов. – М.: Машиностроение, 1976. – 208с.
3. Лазерная техника и технология. В 7 кн. Кн. 6 Основы лазерного термоупрочнения сплавов / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Высш. шк., 1988. – 159 с.
4. Г.Я. Беляев, С.Э. Крайко Геометрические характеристики качества рабочих поверхностей штампового инструмента, обработанного лучом лазера // Машиностроение. – Мн., 2000. – Вып.16. – С. 146 – 149.
5. Белый А.В. Поверхностная упрочняющая обработка с применением концентрированных потоков энергии. – Мн., 1990. – 78с.
6. Маликов Л.С. и др. Лазерное упрочнение штампового инструмента // Технология и организация производства. – 1986. – №2. – С. 46-48.
7. Жуков А.А., Кокора А.Н., Заря А.Н., Ермакова Т.С. Особенности структуры и свойств вырубных штампов после дополнительного поверхностного упрочнения режущей кромки при помощи лазерного излучения // ФиХОМ. – 1977. – №1. – С. 141–143.
8. Коваленко В.С. Упрочнение деталей лучом лазера. – Киев.: Техника, 1981. – 156с.
9. С.Э. Крайко Влияние типа поглащающего покрытия на поверхностную микротвердость стали при лазерной термообработке // Машиностроение. – Мн., 2002. – Вып.18. – С. 201 – 205.

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

*Борисовский государственный политехнический колледж*

*Борисов, Беларусь*

### **Введение**

Постиндустриальная эпоха для устойчивого развития человечества предлагает иной подход к прогрессу — ресурсосберегающий, ставящей во главу угла не производительность труда, а увеличение продуктивности используемых ресурсов [5]. Новый символ прогресса и соответствующий ему образ рационального мышления позволяет наращивать благосостояние людей без увеличения товарного и энергетического потребления. В связи с этим политика ресурсосбережения во многих странах признана актуальной, в том числе и в Республике Беларусь и стала с той или иной степенью эффективности целенаправленно проводиться на всех уровнях хозяйственного управления: государственном, отраслевом, территориальном и на конкретных предприятиях.

Ресурсосбережение — это одно из форм реализации резервов предприятия, связанная с максимальной экономией в производстве материальных ресурсов [10].

Основными факторами активизации ресурсосбережения являются:

- научно-технический прогресс;
- стимулирование хозяйственного механизма.

В целом ресурсосбережение можно охарактеризовать как деятельность (научная, техническая, практическая и т.д.) направленная на рациональное использование и экономное расходование ресурсов сопровождающая все стадии жизненного цикла изделия. Различают энергосбережение и материалосбережение.

В настоящее время в Республике Беларусь принята концепция устойчивого развития и одной из важнейших составляющих, если не определяющих, является ресурсосбережение.

**1. Повышение эффективности технологической подготовки производства за счет введения энергосберегающего показателя технологичности изделия.**

В современной рыночной экономике основным конкурентным преимуществом любого предприятия становится качество. Но в тоже время производство продукции с минимально-необходимым количеством энергоресурсов в настоящее время приобретает актуальный характер, что и подтверждается практикой. [3]

Энергосбережение складывается из различного числа составляющих, но не маловажную роль в этом играет технологический фактор при производстве изделий машиностроения. [4, 7]

Следует отметить, что на этапе технологической подготовки производства и должны прорабатываться вопросы внедрения энергосберегающих технологий, но в тоже время определенной методологии и критериев оценки данного направления в настоящее время нет.

Нами предпринята попытка конкретизировать данное предположение и разработана структурная схема экономии энергоресурсов на технологическом уровне (рис. 1).

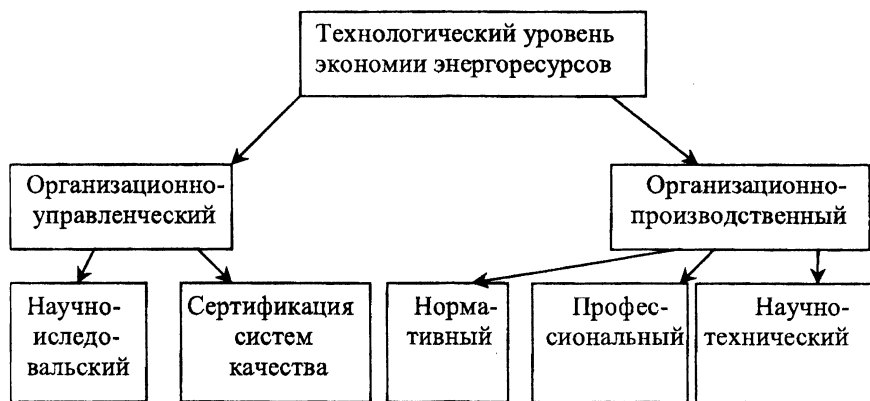


Рис. 1. Структурная схема технологического фактора экономии энергоресурсов при технологической подготовке производства

Исходными данными при разработке технологического процесса служат описание исходного и конечного состояний объекта производства.

Начальное состояние определяется набором параметров, характеризующих свойства заготовки: форма и размеры заготовки, марка материала, состояние поверхностного слоя и его физико-механические свойства [8, 9].

Конечное состояние соответствует характеристикам детали в конечном или промежуточном состоянии: конструкция детали, размеры и точность от-

дельных поверхностей, физико-механические свойства и шероховатость поверхностей, технические требования, оговаривающие расположение поверхностей и особые условия.

Принятие решений при проектировании технологического процесса осуществляется либо поиском, либо синтезом вариантов построения процессов обработки.

Поиск проводится среди существующих технологических процессов на данном производстве, к которым относят и унифицированные ( типовые и групповые процессы).

1) Первый метод проектирования основан на применении готовых решений на всех его уровнях, с использованием имеющихся технологических процессов на оригинальные детали. На этом этапе необходимо отыскать для данного изделия деталь-аналог. После этого необходимо найти процесс обработки детали-аналога.

2) При втором методе используют унифицированные технологические процессы, которые создают для наиболее часто встречающихся и, как правило, несложных деталей изделий. Для изготовления таких деталей используют прогрессивное технологическое оборудование и оснастку, а также передовые формы организации производства.

При принятии аналитических технологических решений считают, что на любой технологический объект воздействует вектор входных переменных  $X(t)$ , отражающий параметры качества исходных заготовок и полуфабрикатов, характеристики технологического оборудования, конструктивно-технологические параметры режущего инструмента, а также вектор условий  $Z(t)$ , учитывающий не только задаваемые условия функционирования технологического объекта (например, режимы обработки), но и действие факторов (например, элементарных погрешностей), дестабилизирующих его функционирование.

Оценка работоспособности технологических объектов предусматривает возможность принятия следующих аналитических технологических решений:

1. Оценка надежности технологических объектов по параметрам качества изготавливаемой продукции, выполняемая на основе методов прикладной статистики.

2. Оценка работоспособности объектов по результатам анализа их математических моделей.

3. Оценка работоспособности объектов, полученная на основе логико-эвристической модели (эта модель представляет собой совокупность взаимосвязанных эвристических правил).

Для определения состояния, сравнения или классификации объектов, необходимо оценить их по какому-либо признаку, критерию.

В качестве критерия может быть выбран практически любой признак объекта — масса, стоимость, надежность, эффективность, комфортабельность, удобство в работе и другие, нами предлагается ввести энергосберегающий критерий.

Целесообразность изменения конструкции детали можно также установить с помощью относительных показателей технологичности конструкции детали [11], например, трудоемкости, себестоимости, коэффициента точности, коэффициента унификации и т. д.

Анализ технологичности детали по приведенным показателям позволяет разрабатывать более экономически выгодные процессы изготовления изделия. В такое время величина энергозатрат в производстве продукции, которая составляет в общей себестоимости изготовления более 5%, (по данным завода «БАТЭ», «АГУ») не позволяет исключать данный фактор из анализа изделия на технологичность, поэтому целесообразно ввести понятие коэффициента концентрации операций, переходов.

На наш взгляд это позволяет рассматривать вопрос с точки зрения экономии энергоресурсов при проектировании технологических процессов механической обработки. Данное предложение можно выразить следующей зависимостью — для технологического процесса:

$$K_o = \frac{\sum O_{np}}{\sum O_{баз}}$$

где  $\sum O_{np}$  — сумма энергопотребляющих операций предлагаемого варианта;  $\sum O_{баз}$  — сумма энергопотребляющих операций базового варианта;  $K_o$  — коэффициент концентрации переходов для многоинструментальной обработки.

Для технологической операции:

$$K_n = \frac{\sum П_{np}}{\sum П_{баз}}$$

где  $K_n$  — коэффициент концентрации переходов;  $\sum П_{np}$  — сумма энергопотребляющих переходов предлагаемого варианта;  $\sum П_{баз}$  — сумма энергопотребляющих переходов базового варианта.

Величина коэффициента  $K_o$ ,  $K_n$  находится в пределах  $0 < K_o < 1$ ;  $0 < K_n < 1$ ;

Анализ технологичности процесса изготовления детали по предложенной методике позволяет, например, уменьшить энергопотребление существующего процесса изготовления вала 2111.3708211 на 12%.

Данные предложения требуют экспериментальных исследований и условиях производства.

## **2. Методология проектирования энергосберегающих технологий**

В настоящее время при разработке методологии обучения проектированию разработки энергосберегающих технологических процессов можно выделить два направления [2].

Первый, будем его называть традиционным, заключается в том, что процесс проектирования определяется объектом проектирования. Традиционный подход позволяет ознакомиться с существующими технологическими решениями, как в области общего машиностроения, так и в специализированной части своей будущей профессии, а также изучить традиционные методы проектирования технологических процессов изготовления типовых деталей.

Однако, при таком обучении молодой специалист будет сталкиваться с трудностями, если перед ним поставить задачу разработки технологического процесса механической обработки или техпроцесса обработки давлением не относящего к его специальности. Такая задача воспринимается как незнакомая и требует освоения методики ее решения с «нуля», так как предыдущий опыт связан с конкретными объектами, а не с общей методологией решения энергосберегающих задач.

Другой подход подразумевает, что процесс проектирования любых объектов является инновационным, т.е. существуют определенные этапы и методы проектирования объектов различающихся функциями, конструкциями или в целом различными технологическими системами. Такой подход называется системным, а как способ обучения является универсальным для решения различных технологических задач и принятия технологических решений.

Можно разделить два важных преимущества системного подхода по отношению к традиционному. Во-первых, знание алгоритма и овладение методами системного проектирования позволяет решить различные задачи. Во-вторых, целью проектирования является не просто создание технологической системы, значительно более эффективнее базовой, а рассмотрение и анализ множества различных вариантов решений и выбор оптимального в зависимости от конкретных, четко сформулированных показателей качества. Приобретаются важное качество рассматривать не одно решение а множество возможных вариантов с анализом их недостатков в целях аргументированного выбора оптимального для конкретных условий изготовления и эксплуатации.



Следует отметить, что внедрение методологии системного проектирования энергосберегающих технологий весьма проблематично, т. к. отсутствуют какие — либо рекомендации, учебники, методические пособия, но в тоже время можно рекомендовать следующее:

1. Учебные планы обучения учащихся техническим специальностям должны преследовать цель подготовки специалистов, способных решить задачи по разработке энергосберегающих технологических систем.

2. Обучение проектированию с позицией системного подхода является одной из актуальных и первостепенных задач при подготовке специалиста.

3. Формирование проектного мышления у специалистов должно осуществляться через сквозную технологическую подготовку на протяжении всего периода обучения.

4. Целью решения проектированных и технологических задач при курсовом и дипломном проектировании должна быть задача поиска оптимального варианта из множества допустимых.

Реализация данной методологии позволит молодым специалистам чувствовать себя увереннее, легче адаптировать к изменяющимся внешним условиям жизни [6].

При этом стремимся реализовать принцип единство фундаментальности и профессиональной практичности отвечающей основному предназначению обучения — подготовке высокообразованного профессионала, способного практически решать стоящие перед ним задачи на уровне мировых достижений с реализацией следующих направлений:

- фундаментальности;
- профессионализации;
- единства теории и практики;
- практичности.

Важной составляющей при проектировании, например, энергосберегающих технологий является умение принятия технологического решения или технического решения (ТР), которые будут направлены на улучшение функциональных или эксплуатационных характеристик изделия. Примерами ТР могут быть: решение о замене обопрудования или инструмента в действующем технологическом процессе (ТП); конструкции нового станочного приспособления; математическая модель технологической операции и т.д. ТР реализуется в конструкторско-технологической документации [11].

Решение может быть получено в результате выполнения некоторой задачи.

Например, построение графика использования оборудования по мощности с использованием многошпиндельного токорного полуавтомата

1Б240П-6 не представляет трудностей, так как это методически описано [1], а построение графика в отдельности по позициям данного токарного полуавтомата ранее не рассматривалась и методически не описана и представляет определенные трудности, хотя с позиции разработки энергосберегающих технологий этот фактор весьма важен, а анализ загрузки по позициям по мощности не проводился.

Исходя из вышеизложенного, предлагается структурная схема для принятия аналитического решения (рис. 2).

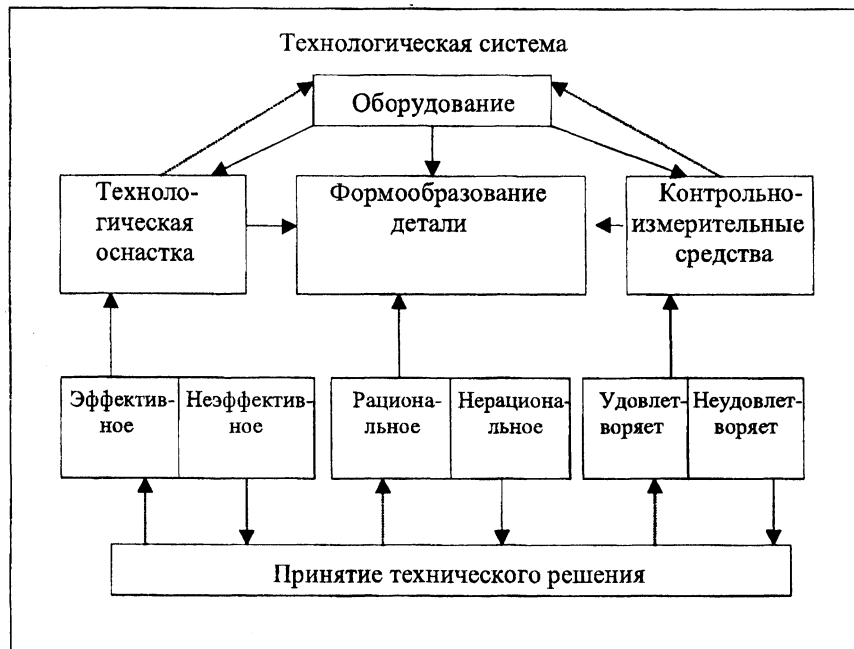


Рис. 2. Структурная схема принятия аналитического решения

Рассматривая структурную схему анализа техпроцесса, учащийся исследует признаки стоимостного инжиниринга, как экономического метода проектирования. Целесообразно из общего выделить технологический инжиниринг, который можно характеризовать следующими признаками:

- 1) объектом исследования является техпроцесс, операция;
- 2) с помощью функционального анализа технологической системы выявляются резервы, недостатки и отыскиваются новые технические решения;

3) проектируемый техпроцесс рационализируется путем применения нестандартных технических решений;

4) принятые решения технико-экономически обосновываются по существующим методикам.

По предложенному алгоритму проектируются техпроцессы, в которых более эффективно используется технологическое оборудование, а применяя принцип концентрации операции, переходов производим выбор менее энергоемкого оборудования.

Предлагаемая методика системного подхода к проектированию энерго-сберегающих технологий в курсовом и дипломном проектировании способствует уменьшению разрыва между подготовкой специалиста и будущей практической деятельностью.

### **Заключение**

В рассматриваемой комплексной работе отражена ресурсосберегающая политика проводимой в Республике Беларусь, ее актуальность для каждого предприятия, даны пути реализации ее при проектировании энергосберегающих технологий при курсовом и дипломном проектировании по специальности 2-36 0101 «Технология машиностроения».

В работе рассмотрены концептуальные основы, а также даны рекомендации в виде алгоритма, схемы для принятия рациональных и эффективных технических решений.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Горцевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. — Мн.: Выш. школа, 1983. — 255с. 2. Корж Д.Д. Мороз С.Ф. и др. Концептуальные основы обучения студентов активному проектированию // Вестник МЭИ. — 2003. — №5, — С. 40–44; 3. Мрочек Ж.А., Жолобов А.А., Акулович Л.М. Основы технологии автоматизированного производства в машиностроении / — Мн.: УП «Технопринт», 2003. 4. Романькова Т.В. Управление ресурсопотреблением в машиностроении // Машиностроение. Сб. научн. трудов, выпуск 17. Под ред. И.П. Филонова Мн.: УП «Технопринт», 2001. — 398 с. 5. Тарек В.А., Богатырев А.В. Ресурсосбережение — новый символ социально-экологического и научно-технического прогресс // Машиностроитель. — 2003. — №12. — С. 18–19. 6. Столярешко А.М. Психология и педагогика. Учеб. пособие для ВУЗов. — Н. ЮНИТИ — ДЛИА, 2001. — 423с. 7. Экономика для технических ВУЗов. Под. ред А.П. Ковалева, М.П. Павлова. — Ростов Н/Д: Феникс, 2001 — 512 с. 8. Ящерицин П.И., Еременко М.Л., Жигалко Н.И. Основы резания материалов и режущий инст-

румент. — Мн., 1975. 9. Ящерицин П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. — М., 1990. 10. ГОСТ 30166-95. Ресурсосбережение. Основные положения. 11. Технология машиностроения в 2-х томах. Т.1. Под общей редакцией А.М. Дальского. Т.2. Под общей редакцией Н.Г. Мельникова. — М.: Издательство МГТУ им. М.Э. Баумана, 1998.

УДК 621.9.048

**А.В. Сиводед, Ж.А. Мрочек**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ЭЛЕКТРОДАМИ-ИНСТРУМЕНТАМИ ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Выбор того или иного материала электрода-инструмента для электроэрозионной обработки определяется рядом факторов, важнейшими из которых являются: износ, выполняемая операция, вид производства, стоимость изготовления и материала [1].

Материалы для электродов-инструментов, нашедшие наибольшее применение, можно расположить в следующем порядке убывания стойкости: графитированные материалы, вольфрам, медь, латунь, серый чугун, алюминий и его сплавы [2]. Инструментальные стали, как материал для электродов-инструментов представляют значительный интерес, являясь достаточно дешевым и технологичным материалом.

Изучению электроэрозионной обрабатываемости материалов посвящено значительное количество работ, в большинстве из которых рассмотрены вопросы обработки наиболее труднообрабатываемых материалов — твердых сплавов, инструментальных и жаропрочных сталей и др.

Зависимость стойкостных характеристик электродов от многих факторов-теплофизических свойств материалов, параметров импульсов тока, рабочей жидкости и т. д. свидетельствует о невозможности построения единого ряда обрабатываемости материалов.

Учитывая сравнительно хорошую обрабатываемость инструментальных сталей традиционными методами, а также возможность непосредственного применения после электроэрозионной обработки в качестве сопрягаемой

детали, предпринимались попытки использования их в качестве электродов-инструментов. Однако успеха они не имели, так как применявшиеся режимы обработки не обеспечивали стабильной работы станка. Процесс сопровождался короткими замыканиями, что приводило к невозможности осуществления автоматического регулирования подачи электрода-инструмента.

Установлено, что основная причина нестабильности процесса обработки — сваривание электродов. Следовательно, для обеспечения стабильности процесса необходимо использовать импульсные разряды с характеристиками, приводящими к эрозии электродов в основном в парообразной фазе, или механически разрывать образующиеся металлические мостики. В связи с этим возникла необходимость изучения поведения электродов из инструментальных сталей на ряде режимов генераторов импульсов существующего станочного оборудования. К числу генераторов простейшего типа относятся RC-генераторы. Использование их на мягких режимах (при микросекундных длительностях тока) позволяет получать вполне приемлемые результаты по величине износа электродов-инструментов и скорости съема металла.

Для установления возможности использования инструментальных сталей в качестве электродов-инструментов с последующим применением в качестве рабочих элементов вырубных штампов и изучения зависимости величины эрозии твердых сплавов и сталей, относительного износа электродов-инструментов проведен ряд экспериментов.

В качестве обрабатываемого материала выбраны твердые сплавы ВК8, ВК15 и ВК20, материала электрода-инструмента — углеродистая инструментальная сталь У8А, легированные инструментальные стали 9ХС, Х12Ф1, имеющие широкое применение в производстве рабочих элементов вырубных штампов. Электроды-инструменты изготавливались в форме стержня диаметром 7 мм, а обрабатываемая деталь имела форму пластины 60х60х10 мм.

Для сравнения производительности обработки и установления возможности применения на черновых операциях латунных электродных материалов в качестве материала электрода-инструмента использовалась латунь Л60.

Эксперименты проводились с использованием электроэрозионного станка модели 157 и релаксационного комбинированного генератора импульсов по схеме *CC-RC* с раздельным регулированием рабочих и токоограничивающих емкостей и сопротивлений. Обработка проводилась на чистовых режимах:  $I=0,6$  А; 1,1 А; 1,8 А; 3,1 А;  $C=0,35$  мкФ; 0,6 мкФ; 1,1 мкФ; 3,1 мкФ;  $U=100$  В. Электроды-инструменты подвергались термообработке: закалке и отпуску. При проведении экспериментов в качестве рабочей среды использовалось индустриальное масло И-20А. Эрозия катода и анода определялась путем взвешивания.

Результаты исследований по определению производительности представлены на рис. 1, 2.

$P$ , г/час

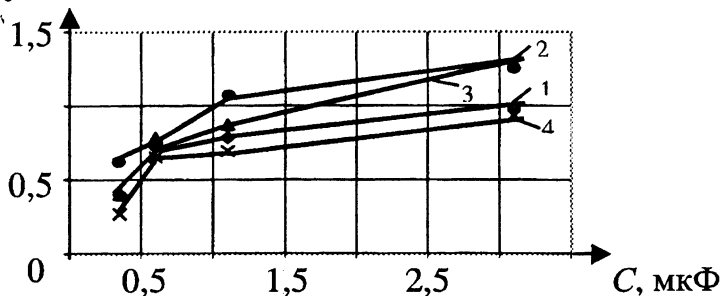


Рис. 1. Зависимость производительности обработки твердого сплава ВК8 от емкости конденсатора для различных материалов электродов-инструментов, г/час;  $I=0,6$  А;  $U=100$  В. 1: У8А; 2: 9ХС; 3: Х12Ф1; 4: Латунь Л60

$P$ , г/час

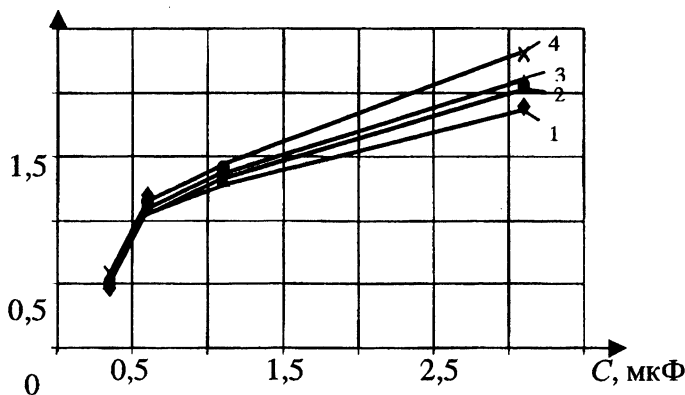


Рис. 2. Зависимость производительности обработки твердого сплава ВК20 от емкости конденсатора для различных материалов электродов-инструментов, г/час;  $I=3,1$  А;  $U=100$  В. 1: У8А; 2: 9ХС; 3: Х12Ф1; 4: Латунь Л60

При напряжении на электродах 100В изменение емкости конденсатора с 0,35 мкФ до 3,1 мкФ приводит к росту производительности в среднем в 2+2,5 раза. Минимальная производительность (0,26 г/час) получена при обработке

твердого сплава ВК20 электродами-инструментами из инструментальной стали У8А (режимы обработки  $I=0,6$  А;  $C=0,35$  мкФ), максимальная производительность (2,51г/час) получена при обработке твердого сплава ВК8 электродами-инструментами из инструментальной стали Х12Ф1 (режимы обработки  $I=3,1$  А;  $C=3,1$  мкФ). Установлено, что различие в обрабатываемости твердых сплавов достигает 9 раза.

Результаты исследований по определению относительного износа электродов-инструментов представлены на рис. 3, 4.

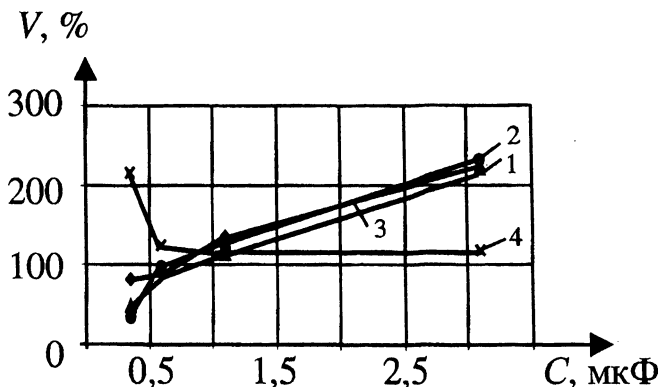


Рис. 3. Величина относительного износа электродов-инструментов в зависимости от емкости конденсатора при обработке твердого сплава ВК8, %;  $I=0,6$  А;  $U=100$  В. 1: У8А; 2: 9ХС; 3: Х12Ф1; 4: Латунь Л60

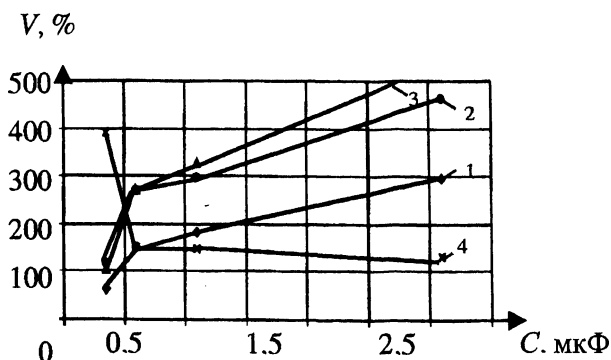


Рис. 4. Величина относительного износа электродов-инструментов в зависимости от емкости конденсатора при обработке твердого сплава ВК20, %;  $I=3,1$  А;  $U=100$  В. 1: У8А; 2: 9ХС; 3: Х12Ф1; 4: Латунь Л60

При постоянной силе тока и изменении емкости конденсатора от 0,35 мкФ до 3,1 мкФ относительный износ электродов инструментов увеличивается в 2,5-5 раз и достигает максимального значения при обработке твердого сплава ВК20 (режимы обработки  $I=3,1$  А и  $C=3,1$  мкФ) электродами-инструментами из инструментальных сталей Х12Ф1 (537 %), 9ХС (463 %), У8А (296 %). Анализ полученных результатов показывает, что наименьший относительный износ во всем диапазоне режимов имеет инструментальная сталь У8А.

В результате проведенных экспериментов установлено, что увеличение содержания процентного отношения кобальта в твердых сплавах приводит к снижению производительности обработки и росту относительного износа электродов-инструментов, изготовленных из инструментальных сталей 9ХС и Х12Ф1. Однако относительный износ электродов-инструментов, изготовленных из инструментальной стали У8А, с ростом процентного содержания кобальта в твердых сплавах уменьшается.

Для оценки возможности применения латуни в качестве материала электрода-инструмента на черновых операциях проведен ряд экспериментов по исследованию обрабатываемости твердых сплавов ВК8, ВК15 и ВК20 электродами-инструментами, изготовленными из латуни Л60.

Проведенные эксперименты показали следующие результаты: максимальная производительность обработки — 2,30 г/час (режимы обработки  $I=3,1$  А;  $C=3,1$  мкФ), минимальная производительность — 0,27 г/час (режимы обработки  $I=0,6$  А;  $C=0,35$  мкФ). В отличие от обработки твердых сплавов инструментальными сталями, при обработке твердых сплавов электродами-инструментами, изготовленными из латуни Л60, рост процентного содержания кобальта приводит к росту производительности обработки и снижению относительного износа электродов-инструментов.

Таким образом, изучение обрабатываемости твердых сплавов позволило определить область режимов, при которых возможна обработка стальными электродами-инструментами. Установлено также различие обрабатываемости твердых сплавов в зависимости от их состава.

Проведенные эксперименты по исследованию обрабатываемости твердых сплавов ВК8, ВК15 и ВК20 электродами-инструментами из инструментальных сталей У8А, 9ХС, Х12Ф1 дали возможность утверждать о принципиальной возможности применения инструментальных сталей в качестве материалов электродов-инструментов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Размерная электроэрозионная обработка металлов: Учеб. Пособие для студентов вузов/ Б.А. Артамонов, А.Л. Вишницкий, Ю.С. Волков, А.В. Глаз-



ков; Под ред. А.В. Глазкова. — М.: Высш. школа, 1975. — 336 с. 2. Фотеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки. — М.: Машиностроение, 1980.

184 с. 3. Александров В.П. Исследование технологических характеристик электроэрозионной обработки жаропрочных материалов. — М.: Наука, 1964. 122 с.

УДК 621.793 + 667.64

Ю.В. Синькевич, П.Г. Дроздов

## **НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

От качества подготовки поверхности деталей в значительной мере зависит качество защитных антикоррозионных покрытий. Наличие на поверхности различных загрязнений, являющихся следствием предшествующих технологических операций, резко снижает адгезию функционального покрытия с металлоосновой. Загрязнения на поверхности металла могут быть различными по своей природе и свойствам. Термическая окалина, продукты коррозии, сульфидные или оксидные пленки, возникающие при взаимодействии металла с окружающей средой и довольно прочно связанные с ним силами химического сродства, удаляются химическим травлением, в процессе которого нарушается их химическая связь с металлом. Загрязнения в виде жиров, консервационных смазок, остатков полировочных паст, абразивов, охлаждающих эмульсий, связанные с металлом адгезионными силами, удаляются в процессе обезжиривания, разрушающего эти связи [1,2].

Выбор способа очистки поверхности деталей от жировых загрязнений определяется природой загрязнений [2]. Жиры минерального происхождения, к которым относятся полировочные пасты, консистентные смазки, минеральные масла, не растворяются в воде, и для их удаления применяют органические растворители. Эта операция является первой в процессе обезжиривания деталей перед осаждением покрытий. Органические растворители токсичны, а некоторые из них пожароопасны. Поэтому применять их можно при использовании специального оборудования и соблюдении соответствующих правил техники безопасности. Жиры растительного и животного происхожде-

дения также практически не растворяются в воде, но взаимодействуют с водными растворами щелочей или солей щелочных металлов, образуя растворимые в воде мыла.

После удаления следов растворителя детали обезжиривают химическим или электрохимическим способами в водных щелочных растворах при температуре 60...80 °С. Под воздействием горячего щелочного раствора происходит разрыв жировой пленки, уменьшение ее толщины, образование отдельных капель масла и их отрыв от поверхности металла. При этом также отделяются также мелкие механические загрязнения.

Введение в водные щелочные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) усиливает эмульгирующее действие раствора, снижает межфазное натяжение на границе раствор — жир и раствор — металл и обеспечивает образование мицеллосложных комплексов, состоящих из большого количества атомов, молекул и ионов, которые формируются при диспергировании фазы в определенной среде или при возникновении новой фазы в процессе ее конденсации из молекул и ионов [2]. Благодаря процессу мицеллообразования, ПАВ способствуют диспергированию твердых и эмульгированию жидких загрязнений и создают благоприятные условия для быстрого и эффективного удаления жировых и некоторых других загрязнений независимо от их природы.

Добавление к растворам кислот ПАВ, улучшающих смачивание и предотвращающих коррозию металла, позволяет в некоторых случаях сочетать в одной операции обезжиривание и травление. А комбинация ПАВ с некоторыми солями позволяет совместить процессы обезжиривания, травления и фосфатирования поверхности деталей из стали, алюминия и цинка перед нанесением лакокрасочных и порошковых материалов.

Совершенствование технологии подготовки поверхности деталей в гальваническом производстве идет по пути применения новых обезжиривающих составов, повышающих качество обезжиривания, снижения энергозатрат и интенсификации производства. Одним из перспективных направлений можно считать применение водных растворов на основе ПАВ.

С учетом выше изложенного был разработан Обезжириватель НТ-М для низкотемпературной подготовки поверхности изделий из черных и цветных металлов перед нанесением защитных покрытий, который по воздействию на организм человека согласно ГОСТ 12.1.007 относится к IV классу опасности (малоопасное вещество) и биоразлагаем в окружающей среде.

Целью настоящей работы было исследование процессов и разработка технологий низкотемпературной подготовки поверхности изделий. Оценивалась эффективность применения ПАВ ионогенного и неионогенного ти-

пов (ОП-7, ОП-10, НП-1, НП-3, ДС-РАС, ОС-20), а также композиций на их основе (Лабомид-203, ТМС-31, Деталин, Обезжириватель ДХТИ-НТ, Обезжириватель НТ-М) в процессах химического обезжиривания, совмещенного обезжиривания — травления и совмещенного обезжиривания — травления — фосфатирования.

### Процесс химического обезжиривания

При изучении и подборе веществ для низкотемпературного химического обезжиривания струйным и погружным способом исследовались композиции, способные устойчиво работать в слабощелочной среде ( $pH = 8...9$ ) при пониженных температурах ( $18...25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

В результате проведения серии экспериментов по очистке струйным способом стальных деталей от смеси в соотношении 1:1 масла И-20 и солидола было установлено, что при пониженной температуре моющая способность водных растворов известных моющих средств по сравнению с Обезжиривателем НТ-М значительно хуже (табл. 1).

Таблица 1

Моющая способность моющих средств при  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0,1\text{ МПа}$

| Моющее средство        | Концентрация<br>г/л | Продолжительность очистки, сек |     |     |     |     |      |
|------------------------|---------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
|                        |                     | 30                             | 60  | 90  | 120 | 180 | 240  |
|                        |                     | Чистота поверхности, баллы     |     |     |     |     |      |
| Тринатрийфосфат        | 20                  | 2,0                            | 3,0 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5  |
| Лабомид-203            | 30                  | 2,0                            | 3,5 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0  |
| МС-6                   | 30                  | 3,0                            | 3,5 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0  |
| Обезжириватель ДХТИ-НТ | 30                  | 3,0                            | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0  |
| Обезжириватель НТ-М    | 30                  | 4,5                            | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 |

Качество обезжиривания поверхности образцов контролировалось по краевому углу смачивания пленкой воды и методом нанесения контактной меди из раствора следующего состава: купорос медный — 120г/л; кислота серная — 80 г/л; натрий хлористый — 0,5 г/л; вода до 1 л.

С учетом полученных результатов дальнейшие исследования процесса химического обезжиривания стальных деталей проводились в растворе, содержащем: тринатрийфосфат — 20г/л; Обезжириватель НТ-М — 30г/л; вода — до 1 л. После струйной обработки в течение 4 мин при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  детали были подвергнуты химическому травлению в 20 % растворе серной

кислоты в течение 1...2 мин, промывке и нанесению различных гальванических покрытий (медного, цинкового и никелевого) с рядом толщин, регламентированных действующей нормативно-технической документацией (НТД) на эти покрытия. После осаждения и сушки все покрытия были подвергнуты контролю прочности сцепления с металлоосновой методами полирования, навивки, нанесения сетки цапапин, изгиба, вдавливания прессом Эрексона, удара и нагрева. Испытания выдержали все образцы, что свидетельствовало о высокой степени очистки поверхности от масляных загрязнений перед гальванизацией. Высокая степень удалености масляных загрязнений в водном растворе Обезжиривателя НТ-М обусловлена сильными адсорбционными свойствами композиции в металлоповерхностном слое, а также активным мицеллообразованием с масляной фазой загрязнений, что также подтверждается отсутствием вторичного осаждения масляных загрязнений на поверхность деталей при их извлечении из ванны через слой пены.

Было отмечено усиление дисперсии масляных загрязнений фосфат-составляющей раствора. Состав на основе Обезжиривателя НТ-М обуславливает практическую ликвидацию термина критической маслоемкости обезжиривающих растворов по причине флокуляции масляных загрязнений с их последующей абсорбцией пеной зеркала электролита. Из более 20 исследованных композиций ни у одной из них не была выявлена такая склонность к диспергированию масел при пониженных температурах, как у Обезжиривателя НТ-М в водном растворе тринатрийфосфата. Наличие в растворе фосфат-ионов позволяет проводить совмещение операций обезжиривания и межоперационного пассивирования, что особенно важно для деталей из алюминия, цинка и их сплавов.

### **Процесс совмещенного обезжиривания — травления**

С целью экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), материалов и сокращения технологического цикла нанесения покрытий был исследован процесс совмещенного обезжиривания — травления поверхности деталей из стали, цветных металлов и сплавов перед нанесением функциональных покрытий. К сравнению были привлечены действующие на предприятиях Республики Беларусь составы травления черных и цветных металлов на основе серной, соляной и азотной кислот. Была отмечена высокая ингибирующая способность Обезжиривателя НТ-М в кислых растворах: при травлении стальных деталей до 98,5 % в соляной кислоте и 99,3 % в серной кислоте и 70...85 % в азотной кислоте при травлении меди и ее сплавов. Устойчивость и высокая диспергирующая способность Обезжиривателя НТ-М в кислых растворах приводит не только к качественному обезжириванию поверх-

ности, но и к улучшению удаления окалины. Поведение Обезжиривателя НТ-М в кислых растворах практически повторяет его свойства в щелочных растворах – масла диспергируются, флокулируют и абсорбируются пеной зеркала электролита. Средняя продолжительность удаления жировых загрязнений при температуре 18...20 °С в 10 % растворе соляной кислоты составляет 1...3 мин. Замечено, что шламообразование полностью нивелируется на очищенной от окалины поверхности деталей при травлении в 20 % растворе серной кислоты с добавкой 15 г/л Обезжиривателя НТ-М. Работоспособность Обезжиривателя НТ-М сохраняется в растворах серной и соляной кислот с общим содержанием до 750 г/л, азотной — до 550 г/л.

Удаление консервационных смазок и полировочных составов в значительной степени интенсифицируется при использовании вращательных установок — колоколов и барабанов, в результате чего снимаются диффузионные ограничения при диспергировании и мицеллообразовании комплексов ПАВ-масло. При плохой отмывке деталей от Обезжиривателя НТ-М, либо его случайное попадание в ванну нанесения функционального покрытия не влечет за собой дислокационных изменений кристаллообразования металла при его осаждении и не изменяет твердость покрытия. Качество подготовки поверхности в совмещенном растворе было неоднократно проверено путем контроля осажденных покрытий, твердость и адгезия которых соответствовала действующим нормам НТД на эти покрытия. Удельная норма расхода Обезжиривателя НТ-М при его концентрации 30 г/л в ванне совмещенного обезжиривания — травления составила 3...5 г/м<sup>2</sup> подготовленной поверхности.

### **Процесс совмещенного обезжиривания — травления — фосфатирования**

Известные современные процессы фосфатирования реализуются при повышенных температурах — 50...80 °С. Анализ составов ванн фосфатирования и проведенные исследования позволили разработать модификацию Обезжиривателя НТ-М, включающую низкотемпературный инициатор и стабилизатор, для совмещенного процесса обезжиривания — травления — фосфатирования деталей из стали, алюминия и цинка при температуре от 10 °С в водных растворах ортофосфорной кислоты струйным и погружным способами. Удельная плотность фосфатного слоя при расходе композиции на подготовку поверхности 5...10 г/м<sup>2</sup> на стальных деталях составляет (0,6...0,8) × 10<sup>-3</sup> г/м<sup>2</sup>, что характеризует высокую адгезию лакокрасочных и порошковых материалов.

Детали и образцы, подготовленные по данному процессу и покрытые без предварительной грунтовки эмалью МЛ-12, были подвергнуты климатическим испытаниям:

- при  $t = 40 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$  и относительной влажности 98 % в течение 10 суток;
- циклическое изменение температуры от  $-40 \text{ } ^\circ\text{C}$  до  $+50 \text{ } ^\circ\text{C}$  – 2 цикла.

После климатических испытаний оценивались функциональные свойства лакокрасочного покрытия в соответствии с НТД на эти материалы: по внешнему виду — декоративные свойства (цвет и блеск покрытия) остались без изменений; мыления, грязеудержания не наблюдалось. Изменений защитных свойств покрытия (растрескивания, отслаивания, образования пузырей, коррозии металла) не обнаружено. Также остались без изменений физико-механические свойства — ударпрочность, адгезия и изгиб.

### **Выводы**

Полученные результаты исследований позволили разработать и внедрить на многих предприятиях Республики Беларусь различные технологические схемы низкотемпературной подготовки поверхности деталей перед нанесением защитных покрытий и обеспечить:

- значительное сокращение технологического цикла подготовительных операций, ТЭР (воды, пара, электроэнергии), материалов и себестоимости выпускаемой продукции;

- устойчивую и стабильную работу оборудования в широком диапазоне рабочих температур;

- улучшение экологии гальванического производства за счет снижения газообразных выбросов более, чем в 2 раза путем умеренного и регулируемого поверхностного пенообразования.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Грилихес С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов. Выпуск 1. Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». — М.: Химия, 1994. — 190 с. 2. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. — М.: Химия, 1979. — 352 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНТИФРИКЦИОННЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БРОНЗ И БАББИТОВ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Наиболее близкими материалами, отвечающими в большей мере антифрикционным требованиям, являются пористые материалы из сплавов на медной основе. Благодаря пористости, подшипниковый материал поглощает смазку, которая при трении автоматически выступает из пор на поверхность трения. Это свойство «самосмазываемости» способствует вначале образованию у выхода пор микроклиньев с последующим образованием толстых граничных слоев. При работе узла трения с пористым антифрикционным материалом и систематической подаче масла в зазор при определенной относительной скорости скольжения и в зависимости от давления в месте контакта возможно возникновение гидродинамического давления.

Напыление антифрикционных материалов на основе меди обеспечивает повышение работоспособности пары трения за счет улучшения антифрикционных характеристик.

При плазменном напылении покрытия существенное значение имеет расход наносимого материала. Он определяет как производительность процесса напыления, так и свойства нанесенного покрытия. При нанесении алюминиевой бронзы наблюдается практически линейное снижение прочности сцепления покрытия с основой и повышение пористости с увеличением расхода порошка из-за снижения удельных затрат на нагрев частиц порошка.

Однако такой характер изменения свойств может быть использован только для общего анализа. В действительности, картина взаимодействия плазменной струи, нагретых и ускоренных в ней частиц порошка и поверхности напыляемой детали, более сложная и неоднозначная. Детальные исследования влияния расхода порошка на свойства покрытий, как показано на рис. 1, позволили установить возрастание прочности сцепления при повышении расхода порошка до определенного значения (7–8 кг/ч). При дальнейшем повышении расхода общая тенденция к снижению прочности сцепления покрытия с основой сохраняется.

Характерной особенностью является замедление возрастания пористости с увеличением расхода порошка на том же участке, где наблюдается максимум прочности сцепления, и резкое увеличение пористости и снижение прочности сцепления при относительно незначительном повышении расхода порошка.

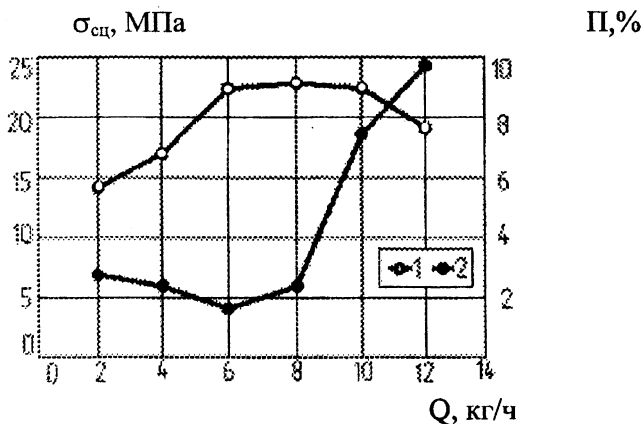


Рис. 1. Зависимость прочности сцепления на отрыв порошка БрА7Н6Ф от основы (1) и пористости (2) от величины расхода порошка

Процесс локального повышения прочности сцепления может быть объяснен следующим образом. С увеличением расхода порошка, при неизменной тепловой мощности плазменной струи, температура напыляемых частиц снижается, а их концентрация в потоке увеличивается. При нанесении покрытия частицы могут попадать на свободные участки поверхности, нагретые уже напыленными частицами. Это наиболее вероятно при повышении концентрации частиц в потоке. Начиная с некоторого значения (6–7 кг/ч) расхода порошка, фактор увеличения концентрации оказывает большое влияние на прочность сцепления покрытия, чем фактор снижения температуры напыляемых частиц. В силу этого наблюдается локальное повышение температуры поверхности основы при образовании первого слоя покрытия, что приводит к увеличению прочности сцепления. Однако дальнейшее увеличение концентрации частиц в потоке приводит к снижению температуры частиц и, собственно, к уменьшению прочности сцепления.

В результате многочисленных опытов было установлено, что оптимальный расход порошка БрА7Н6Ф может достигать до 7,0 кг/ч при коэффициенте использования материала 83–86 %.



Известно, что дистанция напыления является фактором, сильно влияющим на качество покрытия. В связи с этим была проведена серия экспериментов для определения оптимальной дистанции напыления.

При проведении экспериментов установлена зависимость прочности сцепления от дистанции напыления (рис. 2), из которой видно, что с увеличением дистанции напыления прочность сцепления покрытия с основой сначала возрастает (до 100–110 мм), а затем начинает уменьшаться.

При увеличении дистанции напыления тепловое воздействие плазменной струи и частиц порошка на поверхность образцов уменьшается, частицы охлаждаются, это приводит к снижению прочности соединения покрытия с основой. Характер зависимостей объясняется длительностью процесса разогрева порошка до максимальной температуры.

Анализ характера отслаивания покрытий от основы в процессе испытаний на отрыв показывает, что разрушение соединения покрытия алюминиевой бронзы происходит частично по покрытию и границе раздела с основой. Минимальные значения пористости (5–6%) соответствуют дистанциям напыления (см. рис. 2), на которых достигается максимальная прочность сцепления покрытия с основой (24–26 МПа).

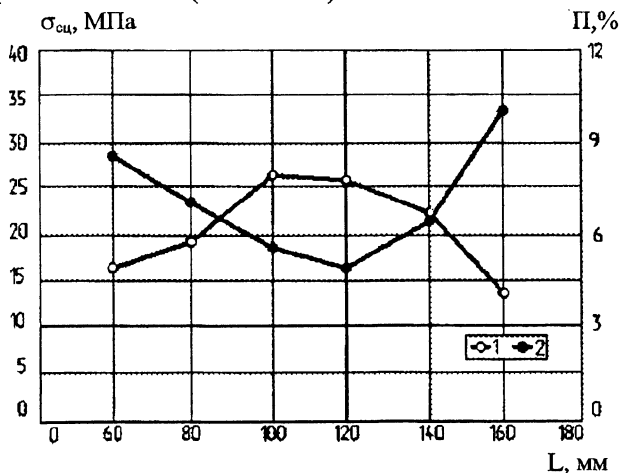


Рис. 2. Зависимость прочности сцепления покрытия порошка БрА7Н6Ф с основой от дистанции напыления (1), пористости покрытия от дистанции напыления (2)

Для бронзовых покрытий эта дистанция находится в пределах 100–130 мм. Минимальная пористость при этом составляет 5–6%.

Исследования структуры покрытий и поверхности разрушения при испытании на отрыв позволяют сделать выводы о том, что низкая прочность сцепления покрытий с основной алюминиевой бронзы наблюдается при дистанции менее 60 мм и обусловлена высокой пористостью слоя вблизи основы.

Авторами работы [1] приведен график характеристик трения скольжения бронзы БрАМц 9-2 по стали 40Х в зависимости от скорости вращения (рис. 3), из которого видно, что коэффициент трения и износ покрытия из бронзы ниже, чем такого же компактного материала.

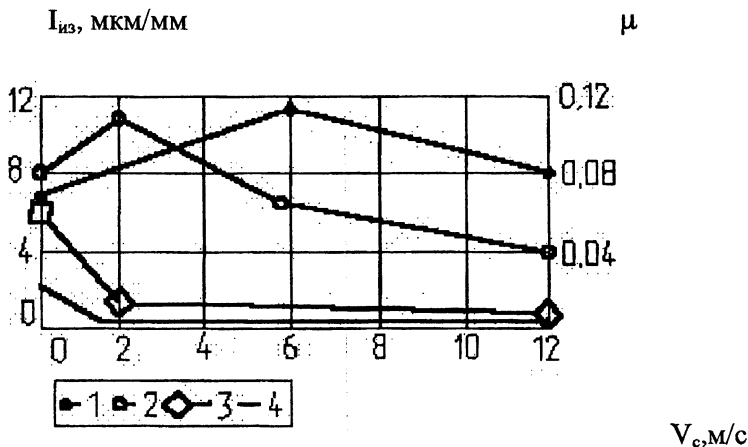


Рис. 3. Характеристика трения скольжения бронзы БрАМц 9-2 по стали 40Х: 1,2 — коэффициент трения покрытия и компактного образца соответственно; 3,4 — износ компактного образца и покрытия соответственно (трение со смазкой,  $P=5\text{МПа}$ )

Перспективно использование антифрикционного покрытия, состоящего из нижнего демпфирующего слоя и верхнего слоя, характеризующегося регламентированной пористостью, пониженным коэффициентом трения и сжимающимися остаточными напряжениями на поверхности.

Так, авторами [2] с целью повышения прочности и долговечности подшипников скольжения при высоких нагрузках и температуре, был предложен способ изготовления вкладыша подшипника скольжения. Вкладыш содержит три концентрических слоя материалов, из которых наружный слой служит основой, внутренний — антифрикционным и промежуточный — подслоем для антифрикционного слоя. Подслой, выполненный из сплава, включающего оло-

но, медь и алюминий, соединяют с основной методом плазменного напыления, а в состав антифрикционного слоя вводят дисульфид молибдена.

В качестве основного компонента антифрикционного слоя используют металлический сплав — баббит. Баббит смешивают с дисульфидом молибдена при следующем соотношении компонентов, мас. %:

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Дисульфид молибдена | 3–10       |
| Баббит              | Остальное, |

а полученную смесь порошков наносят на подслои также методом плазменного напыления. Выполнение основного компонента антифрикционного слоя из металлического сплава с нанесением его в смеси с дисульфидом молибдена на подслои методом плазменного напыления значительно увеличивает прочностные свойства подшипника скольжения в условиях высоких температур.

Плазменное напыление наиболее ответственного антифрикционного слоя производят в среде аргона, в отличие от обычно применяемого напыления в смеси аргона с водородом с тем, чтобы обеспечить наиболее щадящий режим химического воздействия на дисульфид молибдена.

Полученные образцы вкладышей были испытаны в условиях сухого трения и в присутствии смазки на машинах СМТ–1.

Испытания проводили при нагрузке 200Н, скорости вращения 500 об/мин и площади контакта 1 см<sup>2</sup>. В процессе испытаний определяли момент трения, температуру и износ неподвижного образца. При испытаниях в присутствии смазки неподвижные образцы были выдержаны в масле в течение 20ч при комнатной температуре без добавления его в процессе испытаний. Во всех испытаниях в качестве контртела использовали ролики из материала марки Р2М ТУ 108-1029-81.

В результате испытаний было определено, следующее:

- температура при сухом трении не превышала 130°С;
- температура при граничном трении не превышала 88°С;
- износ при сухом трении был в пределах 0,25–0,70 мм;
- износ при граничном трении был в пределах 0,05–0,10 мм;
- момент трения при сухом трении не превышал 1000 Н·м;
- момент трения при граничном трении не превышал 800 Н·м.

Нанесение антифрикционных газотермических покрытий на поверхности пар скольжения позволяет не только экономить цветные металлы (бронзу, баббиты), уменьшив их расход в 5–10 раз, но и повысить несущую способность подшипников. Износ напыленного слоя оловянистой бронзы в 4–5 раза ниже, чем литой.

Таким образом, можно рекомендовать для узлов трения, работающих при давлениях до 50 МПа и скоростях скольжения до 12 м/с, использовать

покрытия из оловянистых и алюминиевых бронз. Для узлов трения, работающих при более высоких нагрузках и скоростях скольжения, можно рекомендовать покрытия из баббитов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волосенков В.Н., Куприянов И.Л. Порошки для газотермических покрытий: Состав. Свойства. – Мн.: Машиностроение, 1987. – 275 с. 2. Вилянская Г.Д., Первушина Н.М. и др. Патент РФ 2064615 С1.

УДК 621.793.7

**Н.В.Спиридонов**

### **Триботехнические характеристики Ni-Cr-B-C — плазменных покрытий после различных методов оплавления**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Известно, что износостойкость, как физико-механическая характеристика покрытий, является структурно-чувствительной [1,2]. Фазовый и химический состав материала покрытия, структурное состояние, параметры субмикроструктуры, а также свойства, взаимное расположение, количественное соотношение и характер связи отдельных составляющих структуры являются наиболее существенными факторами, определяющими сопротивление металлических сплавов изнашиванию. Для различных условий воздействия изнашивающих нагрузок оптимальная износостойкость создается при различных, но характерных для каждого конкретного случая структурных состояний материала.

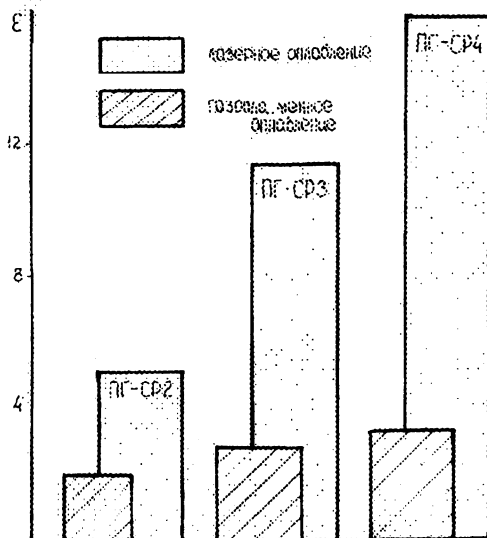
Проведенные исследования микроструктуры, фазового состава, параметров субмикроструктуры газотермических покрытий из самофлюсующихся сплавов после лазерного оплавления позволили выявить существенные отличия их от покрытий, оплавленных с использованием объемного, в частности, газопламенного нагрева. При этом структуру покрытий можно целенаправленно формировать путем изменения режимов обработки. Установлено, что структура покрытий после лазерного оплавления на оптимальных режимах характеризуется пересыщенным состоянием твердого раствора, измельчением структурных составляющих

щих, направленной кристаллизацией и равномерным распределением в металлической матрице сплава дисперсных частиц выделений упрочняющих карбидо-боридных фаз. Такие факторы, как измельчение структурных составляющих, пересыщение твердых растворов, способствуют повышению прочности, вязкости и сопротивления изнашиванию металлических сплавов.

Проведенные испытания в режиме трения скольжения в условиях, приближенных к условиям работы тяжело нагруженных узлов трения, показали, что метод и режимы оплавления существенно влияют на триботехнические свойства покрытий из самофлюсующихся сплавов. Выбор режимов лазерного оплавления предопределяет характер структуры получаемых покрытий. Для всех сплавов оплавление с частичным проплавлением в основу (плотность мощности и скорость перемещения лазерного луча, соответственно  $q=80$  кВт/см<sup>2</sup>,  $V=1$  мм/с) приводит к формированию дендритной структуры, некоторому повышению содержания железа в покрытии и снижению микротвердости. Такие покрытия обладают повышенной стойкостью к выкрашиванию при тяжелых режимах трения. При легких и средних режимах трения высокими эксплуатационными характеристиками обладают покрытия, оплавленные при плотности мощности  $q=5...40$  кВт/см<sup>2</sup> и скорости перемещения излучения по поверхности покрытий  $V=1...22$  мм/с. Структура покрытий, получаемых в указанном диапазоне режимов, характеризуется высокой дисперсностью выделений упрочняющих фаз и их равномерным распределением в матрице пересыщенного твердого раствора на основе никеля. Триботехнические свойства покрытий последнего типа были изучены более подробно.

Сравнительные испытания износостойкости покрытий, оплавленных лазерным излучением и газовой горелкой, показали, что степень легирования сплавов влияет на его чувствительность к методу и режимам оплавления. Так, интенсивность изнашивания покрытий из высоколегированного сплава ПГ-СР4 после лазерного оплавления уменьшается по сравнению с покрытиями, оплавленными газовой горелкой, в зависимости от режимов лазерной обработки до 5 раз, покрытий из сплава ПГ-СР3 — до 4 раз, покрытий из сплавов ПГ-СР2 — до 2,5 раз (рис. 1).

Испытания исследуемых покрытий на совместимость материалов при трении скольжения в сопряжении с закаленной сталью 45, серым чугуном (Ч-24, серым чугуном, закаленным лазерным излучением показали, что лучшими противозадирными свойствами сплавы обладают в паре с чугуном, прошедшим лазерную обработку.



( $\epsilon = \text{ПГ-СР2 (опл. горелкой)} / \text{J образца}$ )

Рис. 1. Относительная износостойкость покрытий при трении скольжения: контролобразец — СЧ-24, лазерная закалка,  $P_{\kappa} = 7,5$  МПа,  $V_{\text{ск}} = 3,8$  м/с, среда — масло индустриальное

Особенно надо отметить значительное влияние сопрягаемых материалов на совместимость пар трения материалов. Наиболее совместимыми являются пары: сплав-чугун, в то время как при трении покрытий по закаленной стали 45 выясняется гораздо большая склонность к схватыванию (табл. 1).

Таблица 1

Величина контактных нагрузок, вызывающих явление схватывания при трении скольжения

| Материал контролобразца | Контактное давление схватывания для различных материалов покрытий, МПа |        |        |
|-------------------------|--|--------|--------|
|                         | ПГ-СР2   | ПГ-СР3 | ПГ-СР4 |
| СЧ-24                   | 12,5   | 15     | 12,5   |
| СЧ-24 лаз. закалка      | 15   | 17     | 15     |
| Сталь 45                | 10   | 12,5   | 12,5   |

Достаточно высокими противозадирными свойствами обладают пары трения самофлюсующийся сплав – серый чугун, однако интенсивность изнашивания неупрочненного чугуна в 3...5 раз выше, чем у чугуна, термообработанного с использованием лазерного излучения. Данные по интенсивности изнашивания покрытий из самофлюсующихся сплавов, оплавленных газовым пламенем и лазерным излучением, при трении по чугуну, обработанному лазерным излучением (скорость скольжения 3,8 м/с) приведены в табл.2.

Таблица 2

**Интенсивность изнашивания покрытий при трении скольжения по закаленному чугуну (мкм/ч) в зависимости от контактного давления**

| Тип сплава | Способ<br>оплавления | Контактное давление, МПа |       |       |       |       |       |
|------------|----------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            |                      | 2,5                      | 5     | 7,5   | 10    | 12,5  | 15    |
| ПГ-СР2     | газопл.              | 0,064                    | 0,267 | 0,282 | 0,296 | С     | С     |
|            | лазерн.              | 0,023                    | 0,054 | 0,056 | 0,176 | 0,189 | С     |
| ПГ-СР3     | газопл.              | 0,037                    | 0,096 | 0,185 | 0,240 | 0,244 | С     |
|            | лазерн.              | 0,013                    | 0,023 | 0,025 | 0,03  | 0,035 | 0,038 |
| ПГ-СР4     | газопл.              | 0,026                    | 0,121 | 0,179 | 0,204 | С     | С     |
|            | лазерн.              | 0,009                    | 0,013 | 0,019 | 0,026 | 0,023 | С     |

Полученные результаты показывают, что процессы изнашивания имеют минимальную интенсивность при трении покрытий, оплавленных лазером, по закаленному чугуну. Наиболее износостойким в рассматриваемых условиях является сплав ПГ-СР4, а сплав ПГ-СР3 имеет близкие значения интенсивности изнашивания.

Момент сил трения при испытании покрытий, прошедших лазерную обработку и притертых после шлифования до  $R_a=0,23$ , практически не изменяется, что свидетельствует о хорошей прирабатываемости сопрягаемых материалов. Расчет коэффициентов трения  $f$  показал, что у покрытий, оплавленных лазерным излучением,  $f$  в 1,5...2 раза ниже, чем при тех же условиях испытаний у покрытий, оплавленных нейтральным пламенем газовой горелки. Оценка зависимости коэффициентов трения покрытий, полученных по разработанной технологии, от нагрузки и скорости скольжения при трении по закаленному чугуну (рис.2) показала, что для сплава ПГ-СР2 значения соответствуют 0,008...0,03; для ПГ-СР3 — 0,007...0,018; ПГ-СР4 — 0,004...0,028.

Как видно из графиков, при данных условиях минимальные значения  $f$  получены для сплава ПГ-СР3, которые несколько возрастают с повышением нагрузки и незначительно зависят от скорости скольжения. Для сплава ПГ-СР2 на  $f$  существенно влияет величина нагрузки. Следует отметить, что в области малых нагрузок триботехнические свойства сплавов близки по сво-

им значениям. Различия свойств проявляются, главным образом, при возрастании нагрузок и скорости скольжения. Таким образом, при оценке работоспособности покрытий в конкретных условиях работы необходимо сопоставлять результаты комплексных триботехнических испытаний.

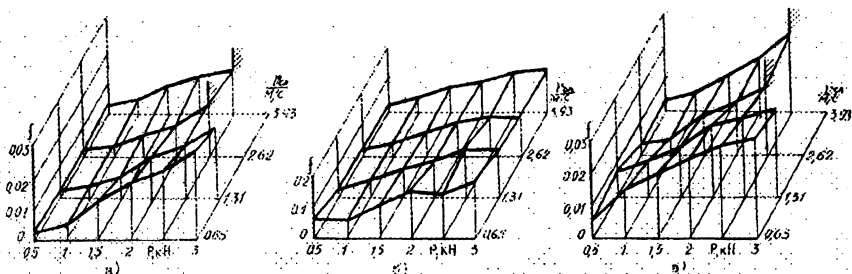


Рис.2. Зависимость коэффициента трения покрытий из сплава ПГ-СР4 (а), ПГ-СР3 (б), ПГ-СР2 (в) от скорости скольжения и величины внешней нагрузки: материал контролбразца — чугун СЧ-24

На основании полученных данных можно рекомендовать для упрочнения рабочих поверхностей деталей узлов трения, работающих при контактных нагрузках до 5 МПа, покрытия из сплава ПГ-СР2, при нагрузках 5...10 МПа — покрытия ПГ-СР4, при нагрузках 10...15 МПа — покрытия ПГ-СР3 [3]. Следует отметить, что покрытия из сплава ПГ-СР3 обладают особенно высокими триботехническими свойствами в широком диапазоне скоростей скольжения и нагрузок при работе в паре с серым чугуном, закаленным лазерным излучением. Интенсивность изнашивания сплава ПГ-СР3 близка к значениям, полученным для более прочного сплава ПГ-СР4, а коэффициент трения при высоких нагрузках и скоростях скольжения ниже, кроме того, пара обладает высокими противозадирными свойствами. В то же время износ сопряженной поверхности из чугуна минимален при трении в паре с ПГ-СР3. Полученные результаты лабораторных исследований позволили рекомендовать для испытаний в условиях промышленной эксплуатации сопрягаемую пару материалов, имеющую хорошую совместимость: покрытие из сплава ПГ-СР3, оплавленное лазерным излучением, и серый чугун СЧ-24, прошедший лазерную закалку.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л.М.Рыбакова, Л.И.Куксенова. Структура и износостойкость металлов. — М.: Машиностроение, 1982. — 212 с. 2. Войнов Б.А. Износостойкие



сплавы и покрытия. — М.: Машиностроение, 1980. — 120 с. 3. Спиридонов И. В. Технологические основы формирования поверхностных слоев с повышенными эксплуатационными свойствами. — Дис. на соискание уч. степени д. т. н. — Минск, 1989.

УДК 621.7:621.8:621.9

**В.С. Точило**

## **КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ И НАПЛАВКИ С ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**

*Полоцкий государственный университет,  
Новополоцк, Беларусь*

Повышение надежности и долговечности машин и их составных частей в процессе ремонта — главная цель предприятий, занимающихся разработкой технологий и организацией ремонтного производства. Обеспечить высокое качество отремонтированных машин в процессе освоения технологий и организации ремонта можно за счет внедрения новых методов восстановления, упрочнения и обработки деталей, сварки и сборки узлов машин и текущего контроля на технологических операциях ремонтного производства [1, 2].

В этой связи ремонтному предприятию, прежде всего, требуется определить процессы производства и обслуживания, результаты которых не могут быть проверены с помощью последующего мониторинга и измерений. К ним относятся процессы, недостатки которых становятся очевидными только после начала использования продукции или после предоставления услуги [2].

Для изучения способов контроля параметров качества специальных процессов рассмотрим методы восстановления деталей двигателей автомобилей наплавкой проволоки на сварочных автоматах с одновременной обработкой сварочных швов [1, 3].

Наиболее распространена сварка и наплавка в среде углекислого газа плавящимся электродом. При такой сварке хорошо формируется шов, наплавленный металл получается плотным, зона термического влияния невелика [1].

Для изучения процесса применялся наплавочный автомат А-580М, усановленный на модернизированном токарном станке 1624М, в качестве источника тока использовался выпрямитель ВС-300. Автоматическую наплавку ответственных деталей с высокой твердостью рабочих поверхностей вели

проволокой Нп-30ХГСА диаметром 1,6...1,8 мм с последующей закалкой с нагрева токами высокой частоты.

Режимы наплавки: напряжение дуги  $U=20\text{В}$ , сварочный ток  $I=150\text{А}$ , скорость наплавки  $V=0,01\text{ м/с}$ , подача или шаг наплавки  $S=4\text{ мм/об}$ , вылет электрода  $h_{\text{за}}=15\text{ мм}$ , скорость подачи электродной проволоки  $V_{\text{за}}=0,035\text{ м/с}$ , расход углекислого газа  $G_{\text{г}}=0,6\text{ м}^3/\text{ч}$ .

Наиболее производительна вибродуговая наплавка, в процессе которой электрод вибрирует с частотой  $n=40\text{...}50\text{ кол/с}$ . Наплавленный валик интенсивно остывает за счет теплоотвода в деталь и охлаждающую жидкость и получает закалку. Такая наплавка дает возможность получить слой высокой твердости без последующей термообработки, однако слой имеет значительное количество пор, высокие внутренние растягивающие напряжения и неоднородные физико-механические свойства [1].

Для вибродуговой наплавки применялась автоматическая наплавочная головка ОКС-6569 с источником питания ВС-300, установленная на суппорте модернизированного токарного станка 1624М. Необходимую твердость наплавленного слоя можно получить только используя материал соответствующего химического состава, поэтому применяли высокоуглеродистую проволоку Нп-65Г диаметром 1,6...1,8 мм. Для окончательного устранения пор, снятия термических напряжений и выравнивания физико-механических характеристик поверхностного слоя при последующей механической обработке использовался дополнительный нагрев [3].

Режимы вибродуговой наплавки: напряжение дуги  $U=20\text{В}$ , сила тока  $I=180\text{А}$ , скорость наплавки  $V=0,025\text{ м/с}$ , шаг наплавки  $S=4\text{ мм/об}$ , вылет электрода  $h_{\text{за}}=10\text{ мм}$ , амплитуда вибрации электрода  $a_{\text{г}}=2\text{ мм}$ , скорость подачи электродной проволоки  $V_{\text{за}}=0,035\text{ м/с}$ , расход жидкости — 5% раствора кальцинированной соды и 0,5% минерального масла  $G_{\text{ж}}=0,03\text{ м}^3/\text{ч}$ .

Совмещение сварки и наплавки как вибродуговой, так и в среде углекислого газа с термомеханической обработкой в момент кристаллизации наплавленного слоя (рис. 1) благоприятно сказывается на уменьшении пор и трещин и на увеличении усталостной прочности деталей [1, 3].

Использование ротационного самовращающегося резца в качестве деформирующего инструмента позволяет не только улучшить физико-механические характеристики наплавленного слоя, но и обеспечить путем завальцовывания впадин между сварочными швами, залечивания пор и трещин геометрические параметры качества, резко сокращающие последующую механическую обработку [3].

Контроль качества поверхностного слоя, получаемого в процессе наплавки в среде углекислого газа или при вибродуговой наплавке с упрочняющим резанием ротационным резцом осуществлялся экспериментально в производственных условиях.

В качестве контролируемых параметров были приняты показатели геометрии поверхности  $S_{m_w}$  — средний шаг волн поперечной шероховатости, мм и  $Ra$  — среднеарифметическое отклонение профиля поверхности, мкм.

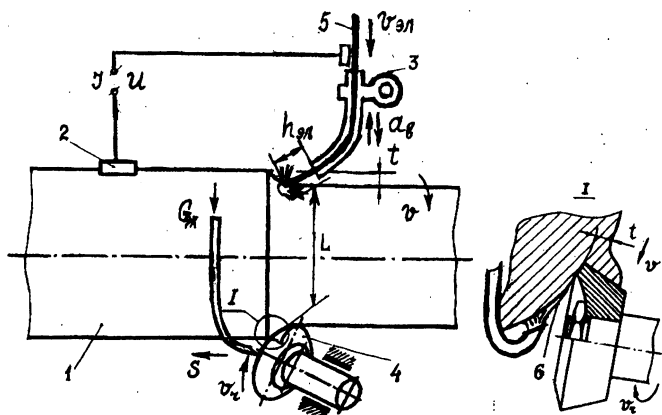


Рис. 1. Вибродуговая наплавка с упрочняющим резанием: 1 — обрабатываемая деталь; 2 — скользящий контакт; 3 — вибрирующий мундштук наплавочной головки; 4 — ротационный резец; 5 — наплавочная проволока; 6 — охлаждающая жидкость;  $V$  — скорость главного движения;  $V_r$  — скорость дополнительного движения реза;  $S$  — скорость подачи;  $V_{эл}$  — скорость подачи электродной проволоки;  $h_{эл}$  — вылет электрода;  $a_{эл}$  — амплитуда вибраций электрода,  $G_{ж}$  — расход жидкости;  $I$  — сила тока;  $U$  — напряжение дуги;  $t$  — глубина резания;  $L$  — расстояние от электрода до реза

Эффективность обработки оценивалась кинематическим коэффициентом  $K$ , равным отношению скорости дополнительного движения инструмента  $V_r$  и скорости главного движения обработки  $V$ .

Так как после наплавки проволокой Нп-30ХГСА в среде углекислого газа, следует закалка, а после вибродуговой наплавки проволокой Нп-65Г дополнительный нагрев при механической обработке, то физико-механические параметры качества поверхностного слоя не рассматривались.

В виду того, что режимы наплавки определены заранее и для ротационного упрочняющего резания выбирались резцы известных конструкций, а глубину резания назначали в соответствии с необходимостью обеспечить заданную толщину наносимого покрытия [3], то для совмещенных процессов в качестве регулируемого фактора принималось  $L$  — расстояние от наплавочной проволоки до режущей кромки инструмента.

Обработка результатов опытов при изменении расстояния  $L$  от 10 до 30 мм позволила получить линейные зависимости с точностью до  $\pm 6\%$  относительно экспериментальных данных.

Для наплавки проволокой Нп-30ХГСА в среде углекислого газа с упрочняющим ротационным резанием

$$Sm_w = 1,46 + 0,08L \quad (1)$$

$$Ra = 1,08 + 0,64L \quad (2)$$

$$K = 0,88 - 0,02L \quad (3)$$

Для вибродуговой наплавки проволоки Нп-65Г совмещенной с ротационным резанием

$$Sm_w = 1,81 + 0,06L \quad (4)$$

$$Ra = 2,63 + 0,59L \quad (5)$$

$$K = 0,92 - 0,02L \quad (6)$$

Анализ зависимостей (1)-(3) и (4)-(6) показывает, что для контроля параметров процессов восстановления деталей сваркой и наплавкой, совмещенной с термомеханической обработкой на рабочем месте достаточно визуального наблюдения за ходом процессов, так как коэффициент  $K$  определяемый скоростью вращения режущей кромки изменяется в 2,5 и 2,3 раз соответственно. Волнистость поверхности  $Sm_w$  увеличивается в 1,7 и 1,5 раза до 3,9 и 3,6 мм, что заметно не вооруженным взглядом, а шероховатость  $Ra$  возрастает до 20 мкм в 2,7 и 2,4 раза соответственно, что также можно оценить визуально по образцам шероховатости.

Для изучения путей управления специальными процессами на первом этапе рассмотрена совмещенная обработка — нанесение покрытий с поверхностным деформированием, у которой чередуя материалы наносимого покрытия (ферромагнитные порошки FeV, P6M5K5, FeTi) сокращалось сначала число контролируемых параметров ( $Y_1 = HRC$  — твердость,  $Y_2 = Ra$  —

шероховатость,  $Y_3 = \epsilon$  — относительная износостойкость,  $Y_4 = Q$  — производительность нанесения покрытия), а затем количество технологических факторов ( $X_1 = I$  — сила разрядного тока,  $X_2 = B$  — магнитная индукция в рабочей зоне,  $X_3 = S$  — скорость подачи инструмента,  $X_4 = V$  — скорость вращения детали,  $X_5 = P$  — усилие деформирования поверхности).

На втором этапе исследовано управление комбинированной упрочняюще-размерной обработкой наплавленных покрытий, для которой при различных технологиях предварительного нанесения различных материалов обрабатываемого покрытия (плазменная наплавка хромоникелевым порошком ПГ-СР4, вибродуговая наплавка стальной проволокой Нп-65Г, газопламенная наплавка хромоникелевым порошком ПГ-10Н-01) последовательность сокращалась.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. — М.: Колос, 1981. — 351 с.
2. Статистический анализ конструктивных элементов и технологических параметров деталей / М.Л. Хейфец, В.С. Точило, В.И. Семенов и др. — Новополоцк: ПГУ, 2001. — 112 с.
3. Обработка износостойких покрытий / Под ред. Ж.А. Мрочка. — Мн.: Дизайн ПРО, 1997. — 208 с.

УДК 621.7

**А.С. Шкинь, А.Ф. Присевок, Н.В. Шкинь**

### **ТЕРМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Наука и техника начала третьего тысячелетия развивается в темпах геометрической прогрессии, не является исключением и промышленность как одна из самых масштабных сфер деятельности человека. В связи с не безупречностью технологических процессов на данном этапе неизбежно негативное воздействие промышленности на окружающую среду, промышленных отходов как компонента данного воздействия. Ежегодно во всем мире миллионы тонн твердых, пастообразных, жидких, газообразных отходов поступает в биосферу, нанося тем самым непоправимый урон как живой, так и неживой природе. Огромное

количество видов живых существ подвержены воздействию опасных веществ, в том числе на генетическом уровне, отсюда вытекают поражения целого ряда поколений организмов. Несмотря на давность и большое количество исследований в области экологически чистого производства, проблема утилизации и переработки промышленных отходов остается актуальной до сих пор.

В данной работе рассмотрены основные из ныне существующих и перспективных способов утилизации и переработки промышленных отходов.

В общем, отходами называются продукты деятельности человека в быту, на транспорте, в промышленности, не используемые непосредственно в местах своего образования и которые могут быть реально или потенциально использованы как сырье в других отраслях хозяйства или в ходе регенерации. Отходами производства являются остатки материалов, сырья, полуфабрикатов, образовавшихся в процессе изготовления продукции и утратившие полностью или частично свои полезные физические свойства. Отходами производства могут считаться продукты, образовавшиеся в результате физико-химической переработки сырья, добычи и обогащения полезных ископаемых, получение которых не является целью данного производства. Отходы потребления — непригодные для дальнейшего использования по прямому назначению и списанные в установленном порядке машины, инструменты, бытовые изделия.

По возможности использования различаются утилизируемые и не утилизируемые отходы. Для первых существует технология переработки и вовлечения в хозяйственный оборот, для вторых в настоящее время отсутствует.

При разработке новых ресурсосберегающих и экологических технологических процессов, необходимо обезвреживание отходов на стадии вывода из технологического процесса, но при современном развитии науки и техники невозможно исключить образование не утилизируемых отходов. В этом случае целесообразно захоронение отходов такого рода в специально создаваемых для этого хранилищах.

Для захоронения отходов промышленности целесообразно использовать резервуары в геологических формациях: гранит, вулканические породы, туфы, базальты, соляные толщи, гипс, ангидрит, доломит, глина, гнейсы. Такого рода хранилища могут существовать как самостоятельно, так и совместно с горнодобывающими предприятиями на его шахтном поле.

Наземные полигоны для хранения промышленных отходов являются и должны использоваться в качестве временных, промежуточных пунктов на пути в хранилища.

Для обезвреживания токсичных промышленных отходов используют следующие методы: жидкофазное окисление, гетерогенный катализ, пиролиз, огневая обработка, с применением плазмы.

Жидкофазное окисление токсичных отходов производства используется для обезвреживания жидких отходов и осадков сточных вод. Суть его заключается в окислении кислородом органических и элементоорганических примесей сточных вод при температуре 150–350° С и при давлении 2–28 МПа.

В зависимости от давления, температуры, количества примесей и кислорода, продолжительности процесса органические вещества окисляются с образованием органических кислот (в основном  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{HCOOH}$ ) или с образованием  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{N}_2$ .

Элементоорганические соединения в щелочной среде окисляются с образованием водных растворов хлоридов, бромидов, фосфатов, нитратов и оксидов металлов, а при окислении азотосодержащих веществ, помимо нитратов, образуется значительное количество аммонийного азота.

Применение метода целесообразно при первичной переработке отходов.

Гетерогенный катализ применим для обезвреживания газообразных и жидких отходов. Существуют три разновидности гетерогенного катализа промышленных отходов.

Термокаталитическое окисление можно использовать для обезвреживания газообразных отходов с низким содержанием горючих примесей. Процесс окисления на катализаторах осуществляется при температурах меньших, чем температура самовоспламенения горючих составляющих газа. В зависимости от природы примесей и активности катализаторов окисление происходит при температуре 250–400°С и в установках различных размеров.

В термокаталитических реакторах успешно окисляются  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ , углеводороды (УВ),  $\text{NH}_3$ , фенолы, альдегиды, кетоны, пары смол, канцерогенные и др. соединения с образованием  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ . Степень окисления вредных веществ 98–99,9 %. Для увеличения удельной поверхности катализации используется пористые керамические устройства из  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и оксидов других металлов, тоже обладающих каталитической активностью.

Современные промышленные катализаторы глубокого окисления при температуре до 600–800°С не следует применять при большом содержании пыли и водяных паров. Неприменим метод и для переработки отходов, содержащих высококипящие и высокомолекулярные соединения, вследствие неполноты окисления и забивания поверхности катализаторов. Нельзя применять термокаталитическое окисление при наличии в отходах даже в небольших количествах  $\text{P}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{S}$ , галогенов и их соединений, так как это приводит к дезактивации и разрушению катализаторов.

Термокаталитическое восстановление используется для обезвреживания газообразных отходов, включающих в себя нитрозные газы — содержащие  $\text{NO}_x$ .

Профазное каталитическое окисление применимо для перевода органических примесей сточных вод в парогазовую фазу с последующим окислением кислородом. При содержании в сточных водах неорганических и нелетучих веществ возможно дополнение данного процесса огневым методом или другими видами обезвреживания отходов.

В целом методы гетерогенного катализа нецелесообразно использовать в качестве самостоятельного способа обезвреживания токсичных отходов, а только как отдельную ступень в общем, технологическом цикле.

Существует два различных типа пиролиза токсичных промышленных отходов.

Окислительный пиролиз — процесс термического разложения промышленных отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Данный метод применим для обезвреживания многих отходов, в том числе «неудобных» для сжигания или газификации: вязких, пастообразных отходов, влажных осадков, пластмасс, шламов с большим содержанием золы, загрязненную мазутом, маслами и другими соединениями землю, сильно пылящих отходов. Кроме этого, окислительному пиролизу могут подвергаться отходы, содержащие металлы и их соли, которые плавятся и возгорают при нормальных температурах сжигания, отработанные шины, кабели в измельченном состоянии, автомобильный скрап и др.

Метод окислительного пиролиза является перспективным направлением ликвидации твердых промышленных отходов и сточных вод.

Сухой пиролиз обеспечивает их высокоэффективное обезвреживание и использование в качестве топлива и химического сырья, что способствует созданию малоотходных и безотходных технологий и рациональному использованию природных ресурсов.

Сухой пиролиз — процесс термического разложения без доступа кислорода. В результате образуется пиролизный газ с высокой теплотой сгорания, жидкий продукт и твердый углеродистый остаток.

В зависимости от температуры, при которой протекает пиролиз, различается:

1. Низкотемпературный пиролиз или полукоксование (450–550° С). Данному виду пиролиза характерны максимальный выход жидких и твердых (полукокс) остатков и минимальный выход пиролизного газа с максимальной теплотой сгорания. Метод подходит для получения первичной смолы — ценного жидкого топлива, и для переработки некондиционного каучука в мономеры, являющиеся сырьем для вторичного создания каучука. Полукокс можно использовать в качестве энергетического и бытового топлива.



2. Среднетемпературный пиролиз или среднетемпературное коксование (до  $800^{\circ}\text{C}$ ) дает выход большего количества газа с меньшей теплотой сгорания и меньшего количества жидкого остатка и кокса.

3. Высокотемпературный пиролиз или коксование ( $900\text{--}1050^{\circ}\text{C}$ ). Здесь наблюдается минимальный выход жидких и твердых продуктов и максимальная выработка газа с минимальной теплотой сгорания — высококачественного горючего, годного для далеких транспортировок. В результате уменьшается количество смолы и содержание в ней ценных легких фракций.

Метод сухого пиролиза получает все большее распространение и является одним из самых перспективных способов утилизации твердых органических отходов и выделения ценных компонентов из них на современном этапе развития науки и техники.

В основу огневого метода положен процесс высокотемпературного разложения и окисления токсичных компонентов отходов с образованием практически нетоксичных или малотоксичных дымовых газов и золы. С использованием данного метода возможно получение ценных продуктов: отбеливающей земли, активированного угля, извести, соды и др. материалов. В зависимости от химического состава отходов дымовые газы могут содержать  $\text{SO}_x$ , P,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , HCl, соли щелочных и щелочноземельных элементов, инертные газы.

Огневой метод переработки токсичных промышленных отходов классифицируется в зависимости от типа отходов и способов обезвреживания:

1. Сжигание отходов, способных гореть самостоятельно — наиболее простой способ; горение происходит при температурах не ниже  $1200\text{--}1300^{\circ}\text{C}$ . (следует отметить, что данный способ не является целесообразным ввиду некоторой (большей или меньшей) ценности горючих отходов и возможности их использования в данное время или в будущем).

2. Огневой окислительный метод обезвреживания негорючих отходов применим в большей степени по отношению к твердым и пастообразным отходам.

3. Огневой восстановительный метод используется для уничтожения токсичных отходов без получения каких-либо побочных продуктов, пригодных для дальнейшего использования в качестве сырья или товарных продуктов. В результате образуются безвредные дымовые газы и стерильный шлак, сбрасываемый в отвал. Так можно обезвреживать газообразные и твердые выбросы, бытовые отходы и некоторые другие.

4. Огневая регенерация предназначена для извлечения из отходов какого-либо производства реагентов, используемых в этом производстве, или восстановления свойств отработанных реагентов или материалов. Эта разновид-

ность огневого обезвреживания обеспечивает не только природоохранные, но и ресурсосберегающие цели.

Применение низкотемпературной плазмы — одно из перспективных направлений в области утилизации опасных отходов. Посредством плазмы достигается высокая степень обезвреживания отходов химической промышленности, в том числе галлойдосодержащих органических соединений, медицинских учреждений; ведется переработка твердых, пастообразных, жидких, газообразных; органических и неорганических; слаборадиоактивных; бытовых; канцерогенных веществ, на которые установлены жесткие нормы ПДК в воздухе, воде, почве и др.

Плазменный метод может использоваться для обезвреживания отходов двумя путями:

1. Плазмохимическая ликвидация особо опасных высокотоксичных отходов;
2. Плазмохимическая переработка отходов с целью получения товарной продукции.

Наиболее эффективен плазменный метод при деструкции углеводородов с образованием  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ . Безрасходный плазменный нагрев твердых и жидких углеводородов приводит к образованию ценного газового полуфабриката в основном водорода и оксида углерода — синтез-газ — и расплавов смеси шлаков, не представляющих вреда окружающей среде при захоронении в землю, а синтез-газ можно использовать в качестве источника пара на ТЭС или производстве метанола, искусственного жидкого топлива. Кроме этого, путем пиролиза отходов возможно получение хлористого и фтористого водорода, хлористых и фтористых УВ, этанола, ацетилена. Степень разложения в плазмотроне таких особо токсичных веществ как полихлорбифенилы, метилбромид, фенилртутьацетат, хлор- и фторсодержащие пестициды, полиароматические красители достигает 99.9998 % с образованием  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ .

Существуют самые разнообразные модификации плазмотронных установок, принцип их конструкции и порядка работы заключается в следующем: основной технологический процесс происходит в камере, внутри которой находятся два электрода (катод и анод), обычно из меди, иногда полые. В камеру под определенным давлением, в заранее установленных количествах поступают отходы, кислород и топливо, может добавляться водяной пар. В камере поддерживается постоянное давление и температура. Возможно применение катализаторов. Существует анаэробный вариант работы установки. При переработке отходов плазменным методом в восстановительной среде возможно получение ценных товарных продуктов: например, из жидких хло-

органических отходов можно получать ацетилен, этилен, HCl и продуктов на их основе. В водородном плазмотроне, обрабатывая фторхлорорганические отходы, можно получить газы, содержащие 95–98 % по массе HCl и HF.

Острота проблемы утилизации и переработки отходов промышленности, несмотря на достаточное количество путей решения, определяется увеличением уровня образования и накопления промышленных отходов. Усилия в решении данной проблемы должны быть направлены, прежде всего, на предупреждение и минимизацию образования отходов, а затем на их рециркуляцию, вторичное использование и разработку эффективных методов окончательной переработки, обезвреживания и окончательного удаления, а хранения только отходов, не загрязняющих окружающую среду.

Многостороннее и глубокое решение проблемы утилизации и переработки промышленных отходов — длительный и кропотливый процесс, который предстоит заниматься ряду поколений ученых, инженеров, техников, экологов, экономистов, рабочих разного профиля и многих других специалистов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Под ред. проф. Э.А. Арустамова. — 2-е издание, перераб. и доп. — М.: Издательский дом «Дашков и К°», 2000. — 678 с.
2. Вронский В.А. Прикладная экология: Учебное пособие. — Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 1996. — 512 с.
3. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие: Учебное пособие. — М.: Прогресс-Традиция, 2000. — 416 с.
4. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. — Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2001. — 576 с.
5. Одум Ю. Экология / Пер. с англ. Т. 1-2. — М.: Мир, 1986. — 740 с.
6. Красов О.И. Экологическое право: Учебник. — М.: Дело, 2001. — 768 с.
7. Новиков Ю.В. Экология : окружающая среда и человек: Учебное пособие — М.: Агентство «Файр», 1998. — 130 с.
8. Павлов С. Е. Экология: будет ли страшный суд? — Мн.: Ураджай, 1999. — 320 с.
9. USA Bureau of mines. Bureau of mines research programs on recycling and disposal of mineral, -metal and energy-based wastes. By С. В. Kennan and others. Washington, 1998 p. 54.

## ТЕХНОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Для защиты изделий из чёрных металлов от коррозии в различных климатических зонах и в атмосфере, загрязненной промышленными газами, для защиты от непосредственного влияния пресной воды и от коррозионного воздействия керосина, бензина и других нефтяных продуктов и масел широко применяются цинковые покрытия.

Медные покрытия чаще всего применяют для экономии никеля как подслои при никелировании и хромировании. Вследствие промежуточного покрытия стали и чугуна медью достигается лучшее сцепление между основным металлом и металлом покрытия и уменьшается вредное влияние водорода. Медные покрытия широко применяются также для местной защиты при цементации и в гальванопластике. Медные покрытия хорошо полируются, что имеет значение при декоративно-защитных покрытиях. Хорошо оснащенные гальванические цехи имеются почти на всех машиностроительных и металлообрабатывающих заводах России.

Сточные воды, отходящие из гальванического цеха, содержат хлориды, сульфаты, цианиды, медь, цинк, железо. Для очистки их от данных химических соединений применяют следующие методы: химические, электрохимические, ионообменные и т.д.

Химические методы очистки сточных вод гальванических отделений основаны на применении химических реакций, в результате которых загрязнения, содержащиеся в сточных водах, превращаются в соединения, безопасные для потребителя, или легко выделяются в виде осадков.

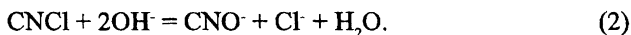
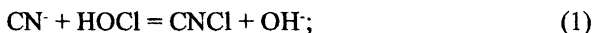
Среди известных методов химической нейтрализации сточных вод, содержащих цианистые соединения, техническое применение нашли лишь немногие.

Самый старый метод основан на выделении ионов  $CN^-$  в виде труднорастворимой комплексной соли, образующейся в основной среде в присутствии ионов  $Fe^{2+}$ .

В зависимости от условий в которых протекают эти реакции, возникает осадок берлинской лазури  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$  или турнбулевой сини  $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ . Качественное удаление ионов из сточных вод с помощью это-

то метода возможно лишь в случае очень точной выдержки всех установленных условий реакции и в особенности pH, реакционной среды.

Применяемый метод удаления цианистых соединений из сточных вод базируется на их окислении хлором (либо гипохлоритом) в основной среде. Наиболее часто здесь применяют гипохлорит натрия, хлорную известь и газообразный хлор. Соединения эти в основной среде гидролизуются с получением ионов  $\text{ClO}^-$ , которые с цианидами реагируют в соответствии с реакцией:

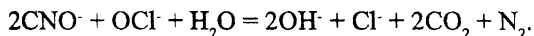


Реакция окисления цианидов до цианатов протекает в 2 стадии, сначала образуется хлорциан, который затем гидролизуеться до хлорцианатов.

Т.к. хлорциан является сильно отравляющим газом, то в реакционной среде необходимо иметь такие условия, чтобы скорость реакции (2) была бы больше скорости реакции (1). Такие условия наблюдаются в том случае, когда концентрация цианидов в сточных водах меньше 1 г/л,  $t$  сточных вод < 50 градусов и  $\text{pH} > 8,5$ . Из исследований скорости гидролиза хлорциана следует, что она значительно зависит от реакции среды:

|                       |    |    |    |    |      |
|-----------------------|----|----|----|----|------|
| pH реакц. среды       | 8  | 9  | 10 | 11 | 12   |
| Прод. гидрол. CNCl, ч | 20 | 12 | 4  | 1  | 0,25 |

Установлено, что расход гипохлорида при окислении цианидов до цианатов также зависит от pH реакционной среды. При pH равном 8,5, его расходуеться на 35-80% больше, чем это следует из расчетов, а при  $\text{pH} = 11$  — на 10% больше. Это связано с расходом гипохлорита на дальнейшее окисление части цианидов до двуокиси углерода и азота:



На кинетику этой реакции заметное влияние оказывает концентрация окислителя (гипохлорит) и pH реакционной среды. При  $\text{pH} > 10$  скорость ее так мала, что после 24 ч только незначительная часть цианатов подвергается дальнейшему окислению. В этих условиях значительное ускорение реакции достигается только при многократном повышении содержания гипохлорита, что на практике невозможно, т.к. высокая концентрация активного хлора в сточных водах недопустима и требует мер по его удалению.

При снижении pH до 7,5-8,5 при небольшом избытке гипохлорита (10%) реакция окисления цианидов заканчивается в течение 10-15 минут.

Теоретический расход окислителя, выраженный массой активного хлора, идущего на окисление 1 г ионов  $\text{CN}^-$ , образуемых при диссоциации про-

стых цианидов до цианатов, достигает 2,84 г, а при окислении до  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  — 6,2 г. Т.к. в цианистых сточных водах содержатся также комплексные цианиды различных металлов, то для окисления 1г CN применяют следующее количество хлора:

цианатов — до 3,3 г Cl;  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  — до 8,5 г Cl.

Несмотря на то, что цианаты в 1000 раз менее токсичны по сравнению с цианидами, все же они требуют дальнейшей нейтрализации, которая может протекать вышеприведенным способом до  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ , либо путем их гидролиза до солей аммония по реакции



При  $\text{pH} < 3$  реакция гидролиза протекает за 2 минуты.

Гипохлоритный метод окисления цианидов до цианатов применяют при очистке обычных сточных вод гальванических отделений, в которых концентрация цианидов (в пересчете на ионы CN) не превышает 100–200 мг/л. Сточные воды с более высокой концентрацией цианидов (отработанные электролиты) требуют соответствующего разбавления, или др. методов очистки из-за опасности выделения очень ядовитого цианида хлора.

На практике нейтрализацию цианистых сточных вод проводят периодическим или непрерывным методом. Однако существует тенденция к установке, даже в небольших гальванических отделениях, автоматических проточных устройств. Независимо от способа накопления сточных вод в устройствах повсеместно применяемый способ их очистки основан на окислении цианидов до цианатов при  $\text{pH}=10-11$  и дальнейшем их окислении до  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  при  $\text{pH} = 7,5-8,5$ , либо гидролизе до солей аммония при  $\text{pH} < 3$ .

Процесс очистки цианистых сточных вод не заканчивается их нейтрализацией содержащихся в них цианистых соединений, т.к. в них еще остаются для удаления соединения тяжелых металлов (цинка, меди, кадмия и др.). Когда сточные воды окисляют методом полного окисления цианидов, то в следующей стадии процесса (окисление цианатов до  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ ) создаются благоприятные условия для полного выделения гидроокиси металлов в виде взвеси. При проведении же процесса гидролиза цианатов до солей аммония в кислой среде необходима добавочная нейтрализация кислот, содержащихся в сточных водах для создания условий, благоприятствующих образованию и выделению взвеси гидроокиси металлов.

Т.к. в полнопрофильных гальванических отделениях образуются также и остальные 2 группы сточных вод (хромовых и кислых с основными), то индивидуальное выделение и удаление взвеси тяжелых металлов из цианистых сточ-

ных вод не применяют (после нейтрализации цианистых соединений). Такую операцию проводят на смешанных сточных водах. Наиболее часто применяют обработку цианистых сточных вод методом гидролиза, чем их окисление до  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ . Такой метод более простой и дешевле в эксплуатации.

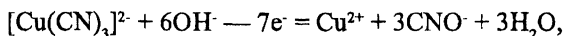
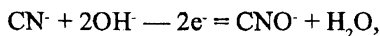
Конец реакции окисления цианидов до цианатов можно установить определением содержания цианидов аналитическим способом. Практически было установлено, что выдержка в течение 15 мин избытка активного хлора (5–15 мг/л) в сточных водах при pH равном 10,5–11 определяет окончание реакции окисления цианидов.

Вышеописанный метод (реагентный) в настоящее время получил наибольшее распространение в отечественной практике обезвреживания сточных вод гальванических цехов. Основное его достоинство — крайне низкая чувствительность к исходному содержанию загрязнений, а основной недостаток — высокое остаточное солесодержание очищенной воды. Последнее вызывает необходимость в доочистке.

Среди методов очистки сточных вод гальванических цехов, имеющих промышленное значение, кроме уже упомянутых химических методов, внимания заслуживают ионные и электрохимические методы. Каждый из этих методов имеет свои недостатки и преимущества, тем не менее они являются несомненно более современными по сравнению с классическим химическим методом. Основное преимущество — нейтрализация концентрированных сточных вод, получение ценных электролитов и чистой воды, пригодной для повторного использования. С помощью таких методов возможно создание в гальваническом цехе замкнутой системы циркуляции технологической воды и почти полное устранение необходимого слива сточных вод в канализационную систему.

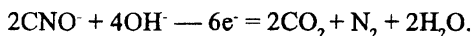
Применение электрохимических процессов целесообразно для окисления цианидов, очистки растворов хром. кислоты, повышение концентрации и преобразование электролитов, деминерализации растворов.

В процессе электролиза сточных вод, содержащих цианистые соединения, на аноде происходит окисление ионов  $\text{CN}^-$ , а также комплексных ионов, например,  $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ ,  $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$  и др. по реакции:

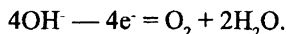


$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-} + 8\text{OH}^- \rightarrow 8\text{e}^- + \text{Zn}^{2+} + 4\text{CNO}^- + 4\text{H}_2\text{O}$ , а на катоде наступит разрядка и выделение катионов металла.

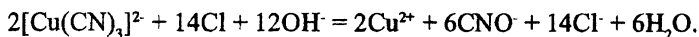
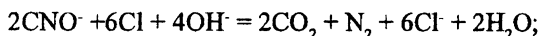
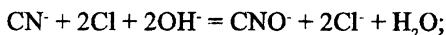
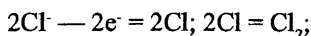
Образующиеся в приведенных реакциях ионы цианата по мере повышения их концентрации окисляются на аноде до  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  по реакции:



Так как реакционная среда основная, то на аноде протекает следующая реакция:



Если в реакционной среде находятся еще и ионы хлорида, которые ускоряют и облегчают процесс анодного окисления цианидов, то на аноде и вблизи него протекают добавочные реакции:



Введение хлоридных ионов в реакционную среду приводит к значительному ускорению окисления цианидов с одновременным повышением выхода по току процесса больше чем на 100 % (в среднем с 35 до 80 %) при одновременном снижении расхода электроэнергии на 30 %.

Это приписывают повышению проводимости электролита и активному участию в реакции окисления цианидов атомарного хлора, образующего в процессе разложения хлоридного иона на аноде.

Установлено также, что лучшие результаты получаются при электрохимическом окислении очень концентрированных растворов цианидов, а не их разбавленных растворов. Процесс электрохимического окисления цианидов протекает при следующих условиях:  $\text{pH} > 11$ ; концентрация хлоридов не должна превышать концентрацию цианидов больше чем в 5 раз; принимают на 1 г  $\text{CN}^-$  — 10 г  $\text{NaCl}$ ; аноды должны быть сделаны из графита, а катоды из кислотоупорной стали, анодная плотность тока должна быть 0,001 А/см<sup>2</sup> (ток постоянный); сточные воды должны перемешиваться сжатым воздухом. В этих условиях достигается выход по току 80 %, а расход электроэнергии на окисление 1 г  $\text{CN}^-$  — от 0,007 до 0,01 кВт в час.

Сравнительный анализ стоимости очистки цианистых сточных вод химическим и электрохимическим методом отдает предпочтение электрохими-



ческому методу, т.к. он прост в применении, а также не требует строительства сложных устройств, типичных для химического метода.

Кроме того, для электрохимических способов характерны существенное сокращение расхода химикатов и меньшая потребность в производственных площадях. В результате низкого солесодержания очищенного стока снижаются и последующие затраты на доочистку стока с целью повторного использования воды.

Гетерогенный ионный обмен или ионообменная сорбция — это процесс обмена между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы — ионита. Очистка сточных вод методом ионного обмена позволяет извлекать и утилизировать ценные примеси (для нашего случая это медь и цинк), очищать воду до ПДК с последующим ее использованием в технологических процессах или в системах оборотного водоснабжения.

Главный недостаток технологии ионного обмена состоит в том, что для выделения из воды элементов или солей необходимы регенерирующие кислоты или щелочи, которые впоследствии в виде солей поступают в окружающую среду, вызывая вторичное загрязнение последней.

Термическое обезвреживание сточных вод гальванических цехов включает 2 стадии: предварительное концентрирование и огневое обезвреживание концентрата (шлама).

Целью 1 стадии является возврат части воды в производство. Применяемые в основном процессы упаривания и сушки лимитируются необходимостью учета возможности образования отложений на поверхности теплообмена, коррозии оборудования и загрязнения атмосферы вредными газообразными выбросами.

Огневое обезвреживание концентрата осуществляется в высокотемпературных печах, топках котлоагрегатов. Так, циано содержащие стоки и шламы сжигают в трубчатых, вращающихся и циклонных печах, в кипящем слое, либо в печах с загрузкой катализатора. При этом цианиды полностью окисляются, а связанные с ним металлы, выделяются в виде окислов или чистых металлов. Каталитическое окисление снижает рабочую температуру процесса и, следовательно, расход топлива.

Мембранная же технология основана на применении мембран, которые способны задерживать практически все многовалентные катионы, задерживая 50–70 % примесей. Поэтому их применение для очистки промывных сточных вод и регенерации электролитов представляется наиболее перспективным.

Выбор того или иного метода очистки зависит от концентрации загрязняющих веществ, степени их вредности, а также других факторов и определяется конкретными условиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волоцков Ф.П. Очистка и использование сточных вод гальванических производств. М.: Химия, 1993. — 216 с.
2. Бучило Э. Очистка сточных вод травильных и гальванических отделений. — М.: Энергия, 1997. — 390 с.
3. Костюк В.Н. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий. — Л.: Химия, 2000. — 367 с.
4. Алферова Л.А. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. — М.: Стройиздат, 1994. — 250 с.
5. Яковлев С.В. Очистка производственных сточных вод. — М.: Стройиздат, 1999. — 142 с.

УДК 621.7

I. Gedzevicius, A. V. Valiulis

#### RESEARCH OF ARC SPRAYING PROCESS VARIABLES

*Vilnius Gediminas technical university  
Vilnius, Lithuania*

Thermal spraying processes form a continuous coating by melting the consumable material into droplets and impinging these droplets on the substrate. The mechanism of bonding to surface in thermal sprayings is the same as platings, both mechanical interlocking and atomic interaction, with the shear strength around 7 MPa. The thickness of the coatings may range from 25  $\mu\text{m}$  to 3 mm. In practice, the thermal sprayings are capable of competing with platings and paintings for atmospheric corrosion resistance in water tanks, TV towers, bridges, and other large steel structures.

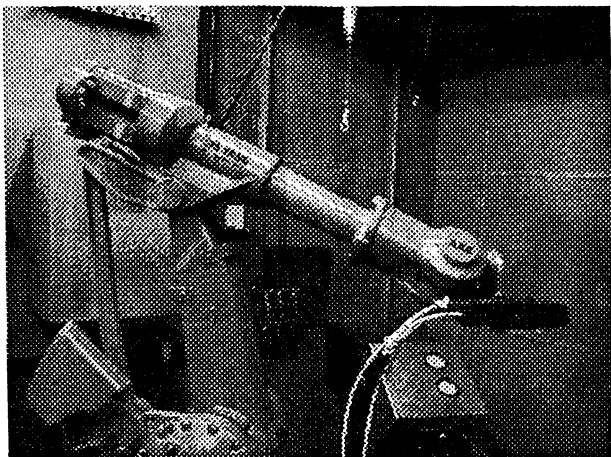
In arc spraying process electric arc uses wires of opposite polarity to create an electric arc when they come together. This electric arc melts the two wires at their tips and because the two wires are continuously feed they continuously melt. At the point where the two wires meet and are melted the raw material turns into molten droplets. These droplets are then blown towards the substrate by compressed air or an inert gas. Using innovative air flow designs the velocity of the processing gases can reach the speed of sound (Mach 1) and therefore the density of the electric-arc coatings are considered to be superior compared to flame spray coatings. The

electric-arc also has an excellent deposition rate and can deposit up to a hundred pounds of material an hour. The electric-arc process is also very inexpensive to operate and is fairly portable. The disadvantage of the electric-arc is the fact that, because an electrically conductive wire must be used, the material selection and thus the coating selection are greatly reduced.

### **Experimental: Materials and spray guns**

Commercially available Tafa's steel (95MXC) cored wire (1.6 mm. diameter) was used for the spray operations in this research. The spray gun was mounted on at ABB 4400 robot arm so that the spray process (Fig. 1), e.g. meander of the gun and spray time, can be controlled precisely. All the spray operations were performed by a Model 9000 Tafa arc spray system (Tafa Inc., Concord, NH), two different spray nozzles were studied to evaluate the effects of different nozzle geometries.

The first nozzle was the standart Tafa 9000 spray nozzle. The second one was the modified Tafa's nozzle. The process parameters remained fixed: voltage — 30 V, arc current — 150A, spraying distance — 15 cm.



*Fig. 1. Arc spray gun on robotic arm*

### **Results and discussions**

The sprayed coating is built up particle by particle and, therefore, higher atomizing air pressure results in higher impact velocity of smaller particles on the substrate. Air atomization is commonly used in the wire arc spray process. The major advantages are the availability and economy of compressed air. In the air atomisation wire-arc spray process, the oxide content of the sprayed coating is

relatively high due to oxidation of the molten wire material. This higher oxide content can increase the coating hardness so that the abrasion and wear resistance of the coatings is improved. However, the oxide content may also be detrimental to coating properties because oxides may reduce the adhesion strength between coating and substrate. Also, hard oxide particles embedded in sprayed coatings impose problems during machining. Furthermore, coatings sprayed with air atomisation often contain relatively high porosity, which is frequently detrimental. Another disadvantage of air atomisation is related to the burn off of alloying elements contained in parent wires. These elements are essential ingredients to produce the required coating characteristics. As a consequence, coatings with specified characteristics cannot be produced reliably.

**Table 1**

**Sprayed coatings properties**

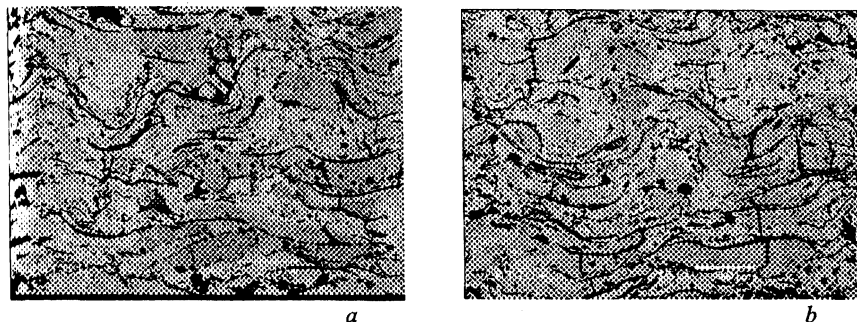
| Spray gun nozzle | Air debit (m <sup>3</sup> /h) | Particle speed (m/s) | Porosity (%) | Oxides (%) | Adhesion (MPa)                |
|------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|------------|-------------------------------|
| TAFE 9000        | 90                            | 118                  | 0.77         | 13.1       | 52.7; 49.2;<br>62.0; 53.8     |
|                  | 110                           | 141                  | 0.57         | 15         | >59.4; >63.1;<br>>55.5; 57.2  |
|                  | 130                           | 157                  | 0.37         | 14.2       | >67.1; >68.3;<br>56.0; 48.8   |
| Modified         | 90                            | 136                  | 1.23         | 12.3       | >54.0; >64.3;<br>50.9; 67.0   |
|                  | 110                           | 175                  | 0.63         | 14.4       | >71.0; >68.6;<br>>55.0; >50.5 |
|                  | 130                           | 189                  | 0.31         | 15         | >53.2; >58.9;<br>>51.8; 63.9  |

The adhesion of the coatings depends upon the interactions between individual lamellae and between lamellae and substrate. The bond strength of a coating is affected by the extent of both physical and chemical interactions between the coating and the substrate material and on the microstructure of the interfacial region. Poor adhesion can be attributed to poor interfacial interlocking, low degree of metallurgical bonding, and high internal stresses. The degradation modes of the coating depend on both the nature of the coating-substrate interface and on

the chemical phenomena that occur at the interface during deposition and solidification.

The samples for the tensile test were glued up together to sample holders by the polymer glue FM 1000. For the glue polymerisation the samples that had been assembled were treated by the two — hour heating under the temperature 170 °C. After the glue final hardening prepared samples were ruptured by standard tensile test procedure. The results of these tests are presented in Table 1.

It sometimes happened during the test that spallation did not take place at the interface coating /substrate but within the coating or in the glue. For instance, when rupture occurred in the glue, the real adhesion of the coating onto its substrate was higher than the recorded value. The « > » sing was then used to point it out.



*Fig. 2. SEM photographs of micro sections of sprayed coatings: a — standard Tafa 9000 nozzle; b — modified Tafa's nozzle*

Sprayed coatings are formed by the impact, deformation, and rapid solidification of individual molten droplets so that coating structure consists of a series of overlapping lamellae. Faster molten particles with higher kinetic energy spread and deform more readily on impact, thus increasing coating density and reducing porosity. The particle velocity and the particle temperature determine the coating structure at the instant of impact on the substrate. Completely molten particles impinging on the substrate spread out radially in the form of thin disks. In reality, however, the deposit is not uniform in thickness, and the periphery of the flattened particle is not circular.

Arc sprayed metal coatings contain a certain amount of oxides (Fig. 2). During spraying, the effect of atomising air and the entrainment of the surrounding air into the spray stream caused significant in flight oxidation of the molten metal particles. Increasing the atomising air pressure leads to higher gas stream velocities, which in turn break up the molten particles into smaller droplets. The smaller droplets

react more readily with oxygen than the larger droplets, because of their greater specific surface area. The Table 1 shows that size of particles is evidently decreasing whereas air debit increases and the temperature of particles variates very insignificantly within possible error range in measurement. That allows stating that the temperature remains constant.

Investigation of coatings microstructure revealed dependence of structure morphology on sprayed particles velocity. The density and dispersity of the lamellar structure increases with the increase of particles velocity. With the increase of particles velocity the size of droplets decrease. Small size droplets have a relatively big surface area; during the flight they are oxidised on bigger degree in comparison with big size droplets, and in these coatings bigger probability of increase of oxide inclusions is possible. On the other hand, the small particles have bigger velocity, shorter fly duration and less time for oxidation reactions. The more particles velocity is, the bigger coating density and less developed porosity is. The optimal selection of spray parameters in matching with the degree of oxidation and adhesion of coating allows reaching the highest strength of adhesion. The optimal coatings were produced when the spray operations were performed by Modified TAFE spray guns with 110 and 130 m<sup>3</sup>/h air debits.

### Conclusions

1. The spray gun nozzle design has a strong influence on spray geometry, its dynamics characteristics and coating properties. The minor modification of spray gun nozzle design can strongly improve the coating characteristics.

2. The precise estimation of adhesion quality of thin coatings is a difficult task. Sample preparation, sort of glue, heating time to polymerise the glue is of the prime importance to obtain good results of the bond tensile test.

3. In the case of optimal spray process characteristics in several specimens it was difficult to estimate the coatings adhesion strength. This happened when the strength of coating adhesion was bigger than glue bond between sample holder and substrate.

### REFERENCES

1. M. Ducos, J.P. Durand, Thermal coatings in Europe: a business prospective, Proceedings of the International Thermal Spray Conference, Singapore, May (2001) 1267–1271.
2. R.W. Rigney, A. Grubowski, R. McCaw, K. Scandell, Component repair and chrome plating replacement with new thermal spray in the United States Navy: successes and the future, Mater. Char. February — March (2001) 975–979.
3. I. Gedzevicius, R. Bolot, H. Liao, C. Coddet, A.V. Valiulis, Application of CFD for wire-arc nozzle geometry improvement,

Proceedings of the International Thermal Spray Conference, Orlando, May (2003) 977–980. 4. X. Wang, J. Heberlein, E. Pfender, W. Gerberich, Effect of nozzle configuration, gas pressure, and gas type on coating properties in wire arc spray, *J. of Thermal Spray Technol.* 8 (4) (1999) 565–575. 5. X. Wang, J. Heberlein, E. Pfender, W. Gerberich, Effect of gas velocity and particle velocity on coating adhesion in wire arc spraying, Proceedings of the 9th National Thermal spray Conference, Cincinnati, October (1996) 807–811. 6. I. Gedzevicius, A. V. Valiulis, Influence of the particles velocity on the arc spraying coating adhesion, *Mater. Science* 9 (4) (2003) 334–337. 7. G. Liu, K. Roniatowski, K.J. Kurzydowski, Quantitative characteristics of FeCrAl films deposited by arc and high-velocity arc spraying, *Mater. Characterization*, February — March (2001) 99–104. 8. G. Gibbons, D. Wimpenny, Mechanical and thermomechanical properties of metal spray invar for composite forming tooling, *J. of Mater. Engineering and Performance*, December (2000) 630–637.

# ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 658

С.А. Александрова, А.В. Александров

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРИБЫЛИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЕГО РАЗВИТИЕ

*Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь*

Важными задачами машиностроительных предприятий в условиях рынка являются подготовка и освоение новых производств, продукции, расширение рынков сбыта, обеспечение роста конкурентоспособности продукции и предприятия. Эти работы требуют значительных финансовых вложений, источником которых является прибыль.

В современных экономических условиях, характеризующихся наличием инфляции, актуальным вопросом является защита от негативного воздействия инфляции и обеспечение в полной мере воспроизводства средств, вложенных в производственный процесс. Для машиностроения эта проблема особенно важна, так как отрасль характеризуется длительным циклом производства и реализации продукции. Средства, вложенные в производство, возмещаются предприятию в виде выручки от реализации продукции через определенный промежуток времени частично обесцененными.

Данная проблема затрагивается Самочкиным В.Н. [1] при определении системы показателей, характеризующих устойчивость предприятия к обновлению и его гибкость. В частности, им предложена методика расчета объема «безубыточной» и «гибкой» реализованной продукции. Нами усовершенствована указанная методика.

Для обеспечения прироста оборотных средств объем реализованной продукции как минимум должен соответствовать будущей стоимости расходов на производство и реализацию продукции. В свою очередь будущая стоимость затрат к моменту поступления денежных средств на расчетный счет определяется с учетом уровня инфляции и возможного альтернативного использования денежных средств:

$$C_{\text{буд}} = \sum_{i=1}^n c_i (1 + I_1)^j \sum_{j=1}^k y_j + C^* \left(1 + \frac{r}{100}\right)^y \text{ ДЗ}, \quad (1)$$



где  $C_{\text{буд}}$  — будущая стоимость расходов на производство и реализацию продукции;  $c_i$  — текущая стоимость расходов по  $i$ -й статье затрат в себестоимости реализованной продукции;  $I_i$  — индекс инфляции по  $i$ -й группе затрат в себестоимости реализованной продукции;  $Y_j$  — период времени в  $j$ -м отрезке времени прохождения денежных средств (например, оплата материалов, процесс производства и т. п.);  $k$  — число временных отрезков прохождения денежных средств;  $\sum_{j=1}^k Y_j$  — период времени от момента вложения средств в процесс производства до момента получения денег на расчетный счет за поставленную продукцию;  $C$  — текущая себестоимость реализованной продукции;  $g$  — банковская (альтернативная) ставка процента;  $Y_{\text{дз}}$  — продолжительность погашения дебиторской задолженности.

Будущая стоимость затрат позволяет учесть:

- различные уровни инфляции по разным группам затрат;
- разную продолжительность периода времени с момента осуществления затрат до момента возмещения в виде выручки;
- плату покупателей за период их «кредитования» с момента отгрузки продукции до момента оплаты за нее.

Таким образом, будем иметь прибыль на пополнение оборотных средств в размере:

$$P_{\text{обс}} = C_{\text{буд}} - C, \quad (2)$$

где  $P_{\text{обс}}$  — прибыль предприятия, необходимая для обеспечения процесса воспроизводства (прироста оборотных средств).

Так как прибыль, направляемая на пополнение оборотных средств, облагается налогами из прибыли, при определении безубыточного объема реализации продукции необходимо учесть их выплату:

$$P\text{П}^{\text{б}} = C + \frac{P_{\text{обс}} + H_{\text{м}} + \text{ЭС}}{1 - N_{\text{п}}/100} + H_{\text{недв}}, \quad (3)$$

где  $P\text{П}^{\text{б}}$  — безубыточный объем реализованной продукции (обеспечивающий прирост оборотных средств и уплату от этой величины налогов);  $H_{\text{м}}$  — местные налоги, уплачиваемые из прибыли, остающейся в распоряжении предприятия; ЭС — экономические санкции;  $N_{\text{п}}$  — ставка налога на прибыль, %;  $H_{\text{недв}}$  — налог на недвижимость;  $(P_{\text{обс}} + H_{\text{м}} + \text{ЭС}) / (1 - N_{\text{п}}/100)$  — прибыль предприятия, необходимая для обеспечения процесса воспроизводства (прироста оборотных средств) и уплаты налога на прибыль и местных налогов из прибыли с этой величины.

Таким образом, получаем прибыль, необходимую для обеспечения финансирования полного цикла работ машиностроительного предприятия (воз-

мещения всех вложенных затрат), но не достаточную для финансирования его развития.

Рентабельность продаж в условиях безубыточности составляет:

$$R_{\text{продаж}}^6 = \frac{\text{ЧП}}{\text{РП}^6} * 100 = \frac{\text{П}_{\text{общ}}}{\text{РП}^6} * 100. \quad (4)$$

Рентабельность продукции:

$$R_n^6 = \frac{\text{ЧП}}{C} * 100 = \frac{\text{П}_{\text{общ}}}{C} * 100. \quad (5)$$

Кроме того, для нормальной работы и развития машиностроительному предприятию необходимо иметь прибыль на техническое перевооружение, развитие производства, а также на социальные выплаты. В размере реализованной продукции нужно учесть окупаемость затрат на производство и реализацию продукции:

$$\text{РП} = C + \frac{\text{П}_{\text{общ}} + C * K_{\text{пз}} + \text{ЭС} + \text{Н}_m}{1 - N_m/100} + \text{Н}_{\text{недв}}, \quad (6)$$

где РП — объем реализованной продукции, обеспечивающий гибкое развитие предприятия и распределение чистой прибыли;  $K_{\text{пз}}$  — коэффициент прибыльности затрат в безинфляционных условиях (в условиях безубыточности  $K_{\text{пз}} = 0$ ).

В свою очередь, сумма местных налогов, уплачиваемых из прибыли, остающейся в распоряжении предприятия, может быть рассчитана по формуле:

$$\text{Н}_m = (\text{П}_{\text{общ}} + \text{ЭС} + C * K_{\text{пз}}) * \frac{N_m/100}{1 - N_m/100}, \quad (7)$$

где  $N_m$  — ставка местных налогов, %.

С учетом рассчитанного нового объема реализованной продукции показатели рентабельности будут равны:

$$R_{\text{продаж}} = \frac{\text{ЧП}}{\text{РП}} * 100, \quad (8)$$

$$R_n = \frac{\text{ЧП}}{C} * 100 = K_{\text{пз}} * 100 + \frac{\text{П}_{\text{общ}}}{C} * 100. \quad (9)$$

В итоге размер и распределение прибыли на границе безубыточности и для развития предприятия выглядят следующим образом (табл. 1).

**Схема распределения прибыли предприятия  
согласно предложенной методике**

| Величина прибыли, ее распределение и использование   | На границе безубыточности  | При получении прибыли на развитие   |
|--|--|---|
| Прибыль от реализации продукции  | $\Pi = \text{РП} - \text{С}$   |   |
| Распределение и использование прибыли:   |  |   |
| налог на недвижимость  | $H_{\text{недв}}$  |   |
| налог на прибыль   | $H_{\Pi} = (\Pi - H_{\text{недв}}) * N_{\Pi} / 100$                      |   |
| местные налоги   | $H_{\text{М}} = (\Pi - H_{\text{недв}} - H_{\Pi}) * N_{\text{М}} / 100$  |   |
| другие выплаты из прибыли  | $\text{ЭС}$  |   |
| чистая прибыль   | $\text{ЧП} = \Pi - H_{\text{недв}} - H_{\Pi} - H_{\text{М}} - \text{ЭС}$ |   |
| в том числе:   |  |   |
| прирост оборотных средств  | $\Pi_{\text{Обс}} = \text{С}_{\text{буд}} - \text{С} = \text{ЧП}$        | $\Pi_{\text{Обс}} = \text{С}_{\text{буд}} - \text{С}$                       |
| прибыль, направляемая на техническое перевооружение, развитие производства, социальные выплаты (окупающая затраты) | $\Pi_{\text{оз}} = 0$  | $\Pi_{\text{оз}} = \text{ЧП} - \Pi_{\text{Обс}} = K_{\text{пв}} * \text{С}$ |

На основании рассчитанных величин появляется возможность:

- обеспечить восполнение обесценивающихся в результате инфляции собственных оборотных средств;
- рассчитать нижний (безубыточный) размер объема реализованной продукции, который покрывает не текущую, а будущую стоимость затрат предприятия на производство и реализацию продукции;
- рассчитать оптимальный объем реализованной продукции, обеспечивающий предприятию получение нормативной прибыли;
- рассчитать уровни рентабельности продаж и продукции, соответствующие условиям безубыточности и получения нормативной прибыли; формировать цену продукции с учетом заданных уровней рентабельности;
- обеспечить получение прибыли в необходимых для развития предприятия размерах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самочкин В.Н. Гибкое развитие предприятия. Анализ и планирование. — М.: Дело, 1999. — 336 с.

УДК 658.155:621.9.04

С.Н. Григорьев, Т.В. Кутергина

### **ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИЙ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ИНСТРУМЕНТ)**

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
Москва, Россия*

Машиностроение, которое дает свыше 20% ВВП России и является одной из основных отраслей экономики страны, находится сегодня во все более обостряющейся критической ситуации. Основная часть российских машиностроительных предприятий остро нуждается в техническом перевооружении.

Станкоинструментальная промышленность относится к числу базовых отраслей отечественного машиностроения, поскольку определяет уровень производительных сил общества, является одной из главных составляющих научно-технического прогресса, влияет на уровень материальных и трудовых затрат в экономике страны. Все индустриальные страны мира одним из государственных приоритетов считают развитие собственного станкостроения.

Развитие и использование в производстве конкурентоспособных инновационных промышленных технологий является тем важным условием, при котором возможен решающий прорыв отечественного станкостроения.

Технологии по обработке поверхности инструмента с целью повышения их эксплуатационных характеристик имеют стратегическое значение для конкурентоспособности станкоинструментальной отрасли.

В современной научной литературе под инновационной промышленной технологией предлагается понимать радикально новую организацию производственного процесса. Конкурентоспособность инновационной промышленной технологии, по нашему мнению, отражает:

1) способность инновационной промышленной технологии конкурировать с другими технологиями по качественным показателям, производитель-

ности и совокупным затратам, необходимым для организации производственного процесса;

2) способность технологии производить конкурентоспособную инновационную промышленную продукцию, представляющую долгосрочную ценность для потребителей, и обеспечивающую как потребителям, так и производителям высокие коммерческие результаты;

3) наличие у инновационной промышленной технологии потенциала развития конкурентоспособности, позволяющего инновационному предприятию; разрабатывающему и/или внедряющему в производство инновационную технологию, адаптироваться к действиям конкурентов и другим изменениям внешней среды.

Сравнение конкурирующих технологий следует проводить с учетом физических и экономических критериев:

— функциональных возможностей технологии (имеющих правовую защиту);

— экономических параметров технологического процесса (производительность обработки, удельная себестоимость обработки, машинное время, стоимость оборудования и др.);

— технологических задач инструмента;

— качества покрытия (твердость, шероховатость, адгезионная стойкость и др.);

— экологических показателей технологического процесса.

Современное автоматизированное механообрабатывающее производство предъявляет высокие требования к надежности режущего инструмента, позволяющего использовать интенсивные режимы обработки и получать необходимое качество с меньшими затратами на единицу продукции.

Наиболее эффективным путем повышения надежности режущего инструмента является использование инструментальных материалов с модифицированными поверхностными свойствами, формируемыми методами вакуумно-плазменной обработки.

Вместе с широко известным CVD (Chemical Vapour Deposition) методом, широкое распространение получила PVD технология (Physical Vapour Deposition), которая обладает целым рядом технологических преимуществ (рис. 1):

1. Исключительное разнообразие составов осаждаемого материала (может наноситься практически любой металл, сплав, тугоплавкое или интерметаллическое соединение, некоторые типы полимеров и их смеси).

2. Возможность изменения температуры упрочняемого инструмента в широких диапазонах (200–800 °С), не искажая при этом формы детали даже при высокой скорости осаждения.

3. Высокая чистота наносимого материала и высокая адгезионная связь с подложкой.

4. Высокая гибкость технологического процесса (можно наносить любые металлы, сплавы и соединения; во всех случаях можно контролировать чистоту, структуру и адгезию наносимого покрытия).

5. Экологическая безопасность.

Учитывая диалектическую взаимосвязь техники и технологии, для реализации конкурентоспособной технологии необходимо конкурентоспособное оборудование, которое определяется прежде всего способностью оборудования производить конкурентоспособную инновационную промышленную продукцию при конкурентоспособных экономических затратах на его приобретение и эксплуатацию.

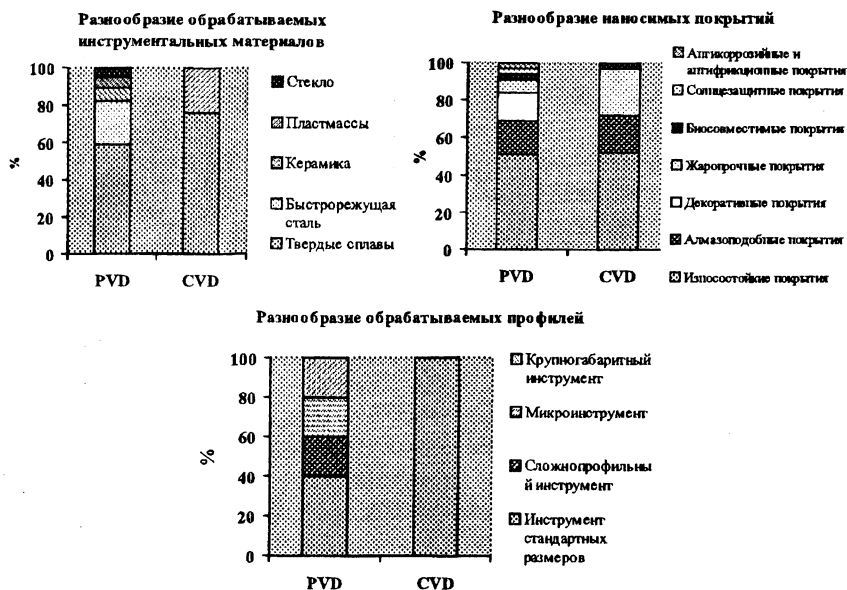


Рис. 1. Сравнение технологий обработки поверхности изделий

Современное производство нуждается в многофункциональном, легко управляемом и автоматизированном оборудовании, соответствующим международным стандартам. Именно технологическая гибкость и универсальность PVD технологии явилась основой создания Центром физико-технологических исследований (ЦФТИ) МГТУ «СТАНКИН» многофункциональ-

ной установки, позволяющей за один технологический процесс в заданной последовательности в одной вакуумной камере (вместо традиционных двух) проводить весь комплекс поверхностной обработки инструмента. Это позволило повысить качество покрытий (за счет избежания дублирования некоторых стадий обработки (нагрев, охлаждение)), а также сократить энергопотребление и затраты на приобретение оборудования.

Оценка конкурентоспособности инновационной промышленной технологии предусматривает использование подходов стратегического маркетинга, включающего как одно из составляющих сегментирование рынка. Выбор рыночного сегмента в рамках рассматриваемого вопроса основывается на том, что в данном сегменте технология имеет большую величину показателя конкурентоспособности, чем конкурирующая технология.

Оценку конкурентоспособности инновационной промышленной технологии предлагается проводить по следующей формуле:

$$K^* = \sum_{s=1}^N A_s \frac{x_s^*}{x_s^0} / \frac{\frac{C^*}{T_{ca}^* \cdot Pr^*} + Z^*}{\frac{C^0}{T_{ca}^0 \cdot Pr^0} + Z^0} > 1, \quad (1)$$

где  $K$  — показатель конкурентоспособности инновационной промышленной технологии по сравнению с технологией конкурента;  $N$  — количество сегментов;  $\frac{x_s^*}{x_s^0}$  — отношение качественных характеристик инновационной промышленной технологии по сравнению с качественными характеристиками технологии конкурента,  $C^*$ ,  $C^0$  — цена оборудования для реализации инновационной промышленной технологии и технологии конкурента;  $Pr^*$ ,  $Pr^0$  — производительность инновационной промышленной технологии и технологии конкурента за год службы оборудования инновационной промышленной технологии и оборудования конкурента;  $T_{ca}^*$ ,  $T_{ca}^0$  — срок службы оборудования для реализации инновационной промышленной технологии и оборудования конкурента соответственно;  $Z^*$ ,  $Z^0$  — операционные затраты инновационной промышленной технологии и технологии конкурента соответственно, связанные с производством одной единицы продукции.

Проведенное сравнение PVD и CVD технологий в сегменте режущего инструмента (для сверления и фрезерования) показало, что, несмотря на то, что CVD технология используется для массового производства инструмента из твердых сплавов (в США 60 % всех инструментов покрыто методом CVD), широкие технологические возможности PVD технологии, ее экологические показатели и производительность делают ее экономически привлекательной для промышленных предприятий:

$$\frac{x_z^*}{x_z^0} \text{PVD} = 0,000067; \frac{x_z^*}{x_z^0} \text{CVD} = 0,000048; K^* \text{PVD/CVD} = 1,40$$

Кроме того, как отмечалось выше, конкурентоспособность технологии также зависит от наличия у нее потенциала развития конкурентоспособности, что означает при инвестировании в развитие инновационной промышленной технологии прирост ее собственной потребительской ценности (улучшение качественных характеристик, повышение производительности и срока службы, снижение эксплуатационных затрат, расширение функций и т.д.).

Установлено, что основными причинами недостаточной эффективности инструмента со стандартным PVD покрытием являются склонность режущих кромок инструмента к локальным пластическим деформациям, недостаточно прочная адгезионная связь покрытия с инструментальным материалом, напряжения на границе раздела «покрытие — инструментальная основа». Для устранения перечисленных недостатков специалистами ЦФТИ была разработана технология комбинированной вакуумно-плазменной обработки. Основной особенностью этой технологии является то, что перед нанесением покрытия на поверхности быстрорежущей основы путем ионного азотирования формируется промежуточный диффузионный слой, который обладает повышенной твердостью и теплостойкостью, позволяет сгладить резкие границы между свойствами быстрорежущей стали и покрытием, что способствует существенному увеличению ресурса работы инструмента. Кроме того, комбинированная обработка сильно трансформирует характеристики контактных и тепловых процессов при резании и изменяет поверхностные свойства быстрорежущей стали, поэтому критические температуры для упрочненного инструмента достигаются при больших скоростях резания. В результате применения комбинированной PVD технологии установлено, что стойкость инструмента при точении увеличивается в 2,6 раза, а при фрезеровании в 2,9 раза по сравнению с инструментом с PVD покрытием, но без азотирования, а интенсивность изнашивания поверхности инструмента смещается в сторону больших скоростей резания (например, для точения составляет  $\approx 89$  м/мин вместо 71 м/мин, а для фрезерования  $\approx 96$  м/мин вместо 69 м/мин).

Проведенная экспериментальная оценка потенциала развития конкурентоспособности PVD технологии составила  $K^{**} \text{PVD/PVD}_{\text{комбинир.}} = 1,24$ , что подтверждает целесообразность инвестиций в его развитие.

Таким образом, конкурентоспособность технологии это многофакторное понятие, зависящее от ее качественных характеристик, конкурентоспособности оборудования для реализации технологии, операционных затрат, связанных с производством инновационной промышленной продукции, и



ности задействования потенциала развития ее конкурентоспособности. Анализ общемировых тенденций в области технологий обработки поверхностей показывает огромную перспективность развития рынка вакуумно-плазменных покрытий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев С.Н. Перспективные технологии и оборудование для комбинированной вакуумно-плазменной обработки инструмента // Производственно-технический журнал «Металл. Оборудование. Инструмент». — 2003. С. 36–40.
2. Савушкин Б.П., Айзельман И.А., Морозов С.М. Основы технологии для бизнесменов и менеджеров. — Воронеж, 1998. — 179 с.
3. Титов А.Б. Маркетинг и управление инновациями. — СПб: Питер, 2001. 240 с. — (Серия «Краткий курс»).
4. Фасхиев Х.А. Оценка конкурентоспособности новой техники // Маркетинг. — 1998. — № 6. — С. 25–35.
5. Хокинг М., Васантасри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия. М.: Мир, 2000. — 518 с.

УДК 658.58

Л.С. Гронская

### К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Анализ развития отечественной, а также российской промышленности, в том числе и машиностроения, за последние годы показывает устойчивую тенденцию старения основных фондов. В машиностроении происходит накопление морально и физически устаревшего оборудования. В России на 2001 год износ основных фондов составил 43–60%, требует замены 30–40% морально устаревшего оборудования. При сохранении такой тенденции к 2005 году более 2/3 основных производственных фондов машиностроения России полностью исчерпают нормативный срок службы. В Белоруссии наблюдается аналогичная ситуация — износ основных фондов в промышленности составляет 69%, а в машиностроении 77%.

Возрастной состав оборудования на 2002г. по двум достаточно крупным машиностроительным предприятиям г. Минска — Минскому моторному заводу (ММЗ) и Минскому автомобильному заводу (МАЗ) — приведен в табл. 1. Из таблицы видно, что на обоих предприятиях удельный вес оборудования с возрастом выше 20 лет составляет более 40%. На конец 2002 года на УП «ММЗ» износ основных производственных фондов составляет 91%, а на УП «МАЗ» около 70%.

Таблица 1

**Возрастной состав оборудования на 2002 г.  
по Минскому моторному заводу и Минскому автомобильному заводу**

| Возраст<br>оборудования | ММЗ,<br>единиц | ММЗ,<br>% | МАЗ,<br>единиц | МАЗ,<br>% |
|-------------------------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| До 5-ти лет             | 166            | 9,1       | —              | —         |
| От 5-ти до 10-ти лет    | 308            | 14,8      | 3605           | 28,4      |
| От 10-ти до 15-ти лет   | 260            | 14,0      | 3457           | 27,2      |
| От 15-ти до 20-ти лет   | 399            | 21,3      |                |           |
| От 20-ти лет и выше     | 894            | 41,2      | 5630           | 44,4      |
| ИТОГО                   | 2027           | 100       | 12692          | 100       |

Большой износ машин и оборудования компенсируется преимущественно средствами ремонта. На практике решение вопроса о целесообразности выполнения очередного капитального ремонта руководствуются почти исключительно мотивами технической необходимости. Металлорежущие станки в течение своего срока эксплуатации могут четыре — пять раз проходить капитальный ремонт и множество раз — текущий. При этом суммарные затраты на техническое обслуживание и ремонт иногда превосходят первоначальную стоимость этих станков.

Многократные капитальные ремонты старого оборудования приводят к чрезмерно длительным срокам его службы. Это в конечном итоге с одной стороны снижает темпы научно-технического прогресса в машиностроении, а также в отраслях, где используется его продукция. С другой стороны, чем дольше служит машина, тем меньшими частями переносится ее стоимость на готовый продукт. Таким образом, возникает проблема определения сроков службы машин и оборудования.

Различают нормативные, фактические и оптимальные сроки службы оборудования. Нормативный срок службы (срок полезного использования) оборудования характеризует расчетный период эксплуатации основных средств в процессе предпринимательской деятельности организации, в течение которого стоимость фондов полностью переносится на изго-

главливаемую продукцию. Фактический срок службы — период с момента включения новой машины в состав основных фондов предприятия до момента его списания по акту. Оптимальный срок службы машин — это экономическая граница, за которой модернизация и ремонт как методы частичного износа основных фондов по сравнению с заменой устаревшего оборудования, нецелесообразны. Иначе говоря, оптимальные сроки службы характеризуют сроки перенесения стоимости фондов на продукт, исходя из соотношения затрат на их обновление (возмещение) и эксплуатацию.

Затраты на эксплуатацию зависят от степени физического и морального износа. Для решения вопроса определения оптимального срока оборудования необходимо рассматривать во взаимосвязи вопросы замены, ремонта, а также морального и физического износа.

Не многие современные исследователи посвящают этой проблеме достаточно внимания. Большая часть работ, в которых рассматриваются вопросы определения оптимального срока службы машин и оборудования, а также экономической эффективности их замены, относится к 70-м—80-м годам прошлого столетия. Среди авторов, рассматривавших выше перечисленные вопросы, можно назвать Д.Г. Гребенникова, М.В. Ильиченко, А.С. Консона, В.А. Якобаса, П.Г. Бунича, А.Ф. Колосова, Р.М. Петухова, Р.Н. Колегаева, Р.З. Акбердина, А.И. Жданова, Н.С. Сачко, И.Г. Попову и т.д.

Двумя основными методами, которые используют ученые для решения этой проблемы, являются метод минимизации затрат и максимизации дохода от работы машин и оборудования. Метод минимизации затрат предполагает определение и учет следующих видов затрат: затраты на содержание и уход за парком машин; затраты, связанные со снижением в результате физического износа эксплуатационных характеристик оборудования; затраты на проведение капитальных и текущих ремонтов парка машин; потери от морального износа, которые возможно оценить количественно и др.

Оптимальными сроками эксплуатации оборудования считают сроки, при которых совокупные издержки на его возмещение в натуральной форме и на проведение ремонтных работ в расчете на единицу производимой при его помощи продукции были бы минимальными.

Приведем основные положения теорий некоторых выше названных авторов. Многие из них не ставили перед собой целью определить именно оптимальный срок службы машин и оборудования, а решали задачу оценки эффективности замены физически и морально устаревшего оборудования по сравнению с его ремонтом или модернизацией.

Акбердин Р.З. определяет допустимый предел затрат на ремонт:

$$Pr_i = C_{нов} \times K_{ти} \times K_{ни} + (\Delta P_{\phi} - \Delta C) + (C_{ост} - C_{ликв}),$$

где  $C_{нов}$  — стоимость нового оборудования;  $K_{ти}$  — коэффициент, учитывающий соотношение продолжительности  $i$ -го ремонтного цикла старой и новой модели оборудования;  $K_{ни}$  — коэффициент, учитывающий соотношение производительности старой и новой модели оборудования;  $\Delta P_{\phi}$  — прирост платы за основные фонды вследствие того, что стоимость нового оборудования как правило превышает стоимость старого;  $\Delta C$  — разность себестоимости обработки продукции на новом и старом оборудовании;  $C_{ост}$ ,  $C_{ликв}$  — остаточная и ликвидационная стоимости оборудования.

Профессор Сачко Н.С. определяет эффективность капремонта по формуле:

$$C_{ст} \times N_{ст} + E_n \times K_p \times \frac{N_{нов}}{N_{ст}} \leq C_{нов} \times N_{нов} + E_n \times (K_{нов} - K_{ликв}),$$

где  $C_{ст}$ ,  $C_{нов}$  — себестоимость производимой продукции;  $K_{ликв}$  — ликвидационная (продажная) стоимость старой машины;  $K_{нов}$  — затраты на приобретение нового оборудования;  $K_p$  — затраты на капремонт;  $N_{ст}$ ,  $N_{нов}$  — производительность старой и новой машины соответственно.

Расчет рационального срока службы проводится по формуле:

$$t_{опт} = \sqrt{\frac{2 \cdot K}{a}},$$

где  $K$  — стоимость машины;  $a$  — ежегодный прирост затрат на ремонт и содержание машины.

Рациональный срок службы оборудования проф. Сачко Н.С. определяет как срок, при котором совокупные издержки на ее возмещение в натуральной форме и на проведение ремонтных работ в расчете на единицу производимой при его помощи продукции были бы минимальными. Он утверждает, что с точки зрения предприятия оптимальным сроком использования оборудования является такая продолжительность эксплуатации, при которой общие суммарные затраты на ремонт и содержание не будут превышать его стоимость в 1,2 раза за весь срок службы.

Колосов А.Ф. определяет условия проведения капитального ремонта как

$$K_3 \cdot \frac{t_{ст}}{t_{нов}} - K_p \cdot t_{ст} \cdot P_{ст} \cdot (C_{ст} - C_{нов}),$$

где  $K_3$  — стоимость воспроизводства ремонтируемого объекта (или стоимость новой конструкции машины аналогичного назначения);  $t_{нов}$  — срок службы новой машины до первого капитального ремонта;  $t_{ст}$  — продолжи-

тельность межремонтного цикла отремонтированной машины;  $C_{ст}$ ,  $C_{нов}$  — текущие расходы на единицу продукции при эксплуатации соответственно старой и новой машины;  $P_{ст}$  — годовая производительность старой машины;  $K_p$  — стоимость капитального ремонта машины.

Бунич П.Г. определяет условия проведения капитального ремонта как

$$C_{BR} < K_p + \Pi_3,$$

где  $C_{BR}$  — стоимость новой машины, рассчитанная применительно к интегральной производительности старого объекта;  $K_p$  — стоимость капитального ремонта;  $\Pi_3$  — убыток, определяемый как разность себестоимости выпускаемой продукции на новом и старом оборудовании вследствие их неодинаковой производительности.

Ильиченко М.В. определяет условия проведения капитального ремонта

$$A_{ост} > K_{p, норм.} + Z_{тр} \pm \Delta\Pi,$$

где  $A_{ост}$  — остаток амортизационного фонда на капитальный ремонт;  $K_{p, норм.}$  — нормативная стоимость планируемого капремонта;  $Z_{тр}$  — расходы на транспортировку оборудования до производителя капремонта и обратно;  $\Delta\Pi$  — изменение величины прибыли после капремонта (как разницы между производственными затратами при функционировании старой машины после ремонта и новой на протяжении длительности ремонтного цикла).

Методики всех авторов имеют те или иные особенности, в них в той или иной мере не учитываются важные факторы, оказывающие влияние на корректность решения поставленной задачи. Так, в одни не учитывают остаточную или ликвидационную стоимость изношенного оборудования, другие игнорируют технические характеристики анализируемого оборудования, его производительность, третьи пренебрегают фактором морального износа и т.д. Самыми полными методиками выбора экономически целесообразного метода замены оборудования и определения оптимального срока его службы можно считать методики Акбердина Р.З. и Сачко Н.С. Однако и в них не учтены некоторые факторы. Например, изменение точностных возможностей оборудования в зависимости от варианта восстановления.

Второй метод предусматривает в качестве критерия определения оптимального срока эксплуатации машин и оборудования экономический эффект от их применения. В этом случае рациональным сроком эксплуатации машины считают срок, ограниченный моментом времени, с которого экономический эффект от ее применения начинает падать со своего максимального значения после постоянного нарастания. Падение эффекта объясняется влиянием физического старения оборудования.

В качестве примера такой методики приведем методику Меламеда Г.И. и Поповой И.Г. экономический эффект от проведения ремонта оборудования авторы находят по формуле:

$$\mathcal{E}_p = K_n \times \frac{P_{ст}}{P_{нов}} \times \frac{T_{ст}}{T_{нов}} \times \frac{B_{ст}}{B_{нов}} - [ K_p + (C_{ст} - C_{нов}) \times P_{нов} \times T_{нов} + K_{ост} - K_{лик} ],$$

где  $K_n$  — капит. затраты на новое оборудование;  $K_p$  — затраты на капремонт,  $P_{ст}$ ,  $P_{нов}$  — производительность;  $B_{ст}$ ,  $B_{нов}$  — характеристика точности обработки детали;  $T_{ст}$ ,  $T_{нов}$  — длительность межремонтного цикла;  $C_{ст}$ ,  $C_{нов}$  — технологическая себестоимость обработки детали;  $K_o$  — остаточная стоимость старой машины;  $K_l$  — ликвидационная стоимость старой машины.

Далее рассматривается кубическая зависимость величины удельного экономического эффекта от срока службы. В качестве оптимального срока службы оборудования принимается точка перегиба кривой (рис. 1).

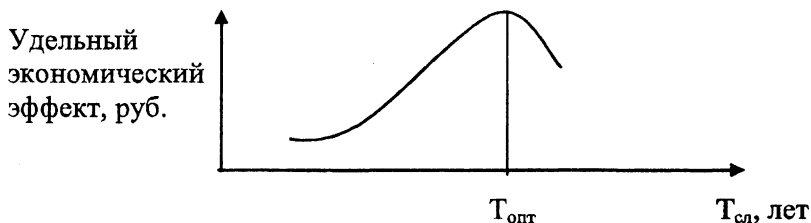


Рис. 1. Определение оптимальных сроков службы оборудования

Некоторые ученые предлагают использовать для определения оптимальных сроков службы и планирования замены оборудования другие критерии — например, Золотарев А.А. предлагает в качестве критерия использовать минимизацию длительности производственного цикла изготовления изделий.

Несмотря на то, что задаче определения оптимального срока службы машин и оборудования посвящено значительное количество работ, в настоящее время она полностью не решена. Хотя именно на основе оптимальных сроков службы можно было бы устанавливать очередность замены оборудования в условиях ограниченных финансовых ресурсов предприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курганская Н.И. Планирование обновления основных фондов на машиностроительных предприятиях: Текст лекций / Ростов на Дону: РИСХМ, 1988. — 45 с.
2. Гончаров В.Н. и др. Обновление парка оборудования в усло-

виях интенсификации производства. — Киев: Техника, 1990. — 136 с. 3. Управление ремонтом и модернизацией оборудования (экономический аспект). Н.И. Иванов. В.И. Хижняк, Л.Т. Хижняк и др. — Киев: Навук. Думка, 1989. — 184 с. 4. Сачко Н.С. Теоретические основы организации производства. — Мн.: Дизайн ПРО, 1997. — 320 с.

УДК 334.722:378.1

Н.К. Зновец

## **ОСОБЕННОСТИ ЗАТРАТНОГО МЕТОДА ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ ОКАЗАНИЕМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ВУЗАХ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Образовательные услуги в государственных высших учебных заведениях являются основным видом предпринимательской деятельности. В связи с этим важную роль в хозяйственной деятельности вузов играют вопросы ценообразования на оказываемые услуги.

Ценообразование в сфере образовательных услуг и продуктов должно базироваться на имеющемся опыте установления цены на товары и услуги с учетом реалий действующего в республике законодательства, регулирующего данную сферу оказания услуг.

Среди основных нормативных правовых актов, на которых должен базироваться порядок формирования цен на образовательные услуги в государственных учреждениях образования являются:

- Указ Президента Республики Беларусь от 23.08.1996 № 320 «О увеличении приема в государственные высшие учебные заведения» (в ред. Указов Президента Республики Беларусь от 05.11.1996 № 453, от 05.02.2001 № 59);
- Указ Президента Республики Беларусь от 30.08.2000 № 472 «О дополнительных мерах по развитию высшего образования в Республике Беларусь» (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 13.06.2001 № 319);
- Порядок формирования стоимости платного образования в учебных заведениях, утвержденный постановлением Минобразования Республики Беларусь от 03.02.2000 № 1;

• Положение о порядке формирования цен на платные услуги в государственных учреждениях образования, утвержденное постановлением Минэкономики и Минобразования Республики Беларусь от 01.11.2002 № 242/48.

В настоящее время государственными вузами в той или иной степени используются все основные методы ценообразования:

- затратные;
- ориентированные на потребителя;
- ориентированные на конкурентов;
- ориентированные на полезность продукта.

Наиболее простым методом ценообразования является «затратный метод», базирующийся на расчете себестоимости услуги, увеличенной на запланированную норму прибыли. Затратное ценообразование опирается на фактические затраты организации. Вся информация, необходимая для установления цены, формируется внутри вуза на основе бухгалтерской отчетности. Не требуются маркетинговые исследования рынка и опрос потребителей. Однако возникает сложность в разделении затрат по основным источникам финансирования вуза. При невозможности разделения затрат и ведения раздельного учета фактических затрат в бухгалтерии организации использование данного метода ценообразования выравнивает цены на услуги по всем специальностям и видам обучения.

Кроме того, при установлении «затратной» цены в расчет практически не принимается сложившийся уровень спроса на предлагаемую образовательную услугу. У вуза отсутствуют способы ведения гибкой ценовой политики при изменении спроса на конкретную образовательную услугу. Могут возникнуть затруднения с реализацией услуги при оказании ее на «непрестижную» специальность и наоборот при складывающихся благоприятных тенденциях в изменении спроса производитель услуг лишается возможности получить более высокие финансовые результаты за счет использования удачной конъюнктуры рынка.

При применении данного метода ценообразования возникают трудности расчетного характера, связанные с оценкой себестоимости оказываемой услуги. Дело в том, что расчет себестоимости по фактическим затратам неизбежно приводит к тому, что за основу берутся затраты вуза, расписанные в бюджетной смете. Однако уровень обоснованности выделенных вузу бюджетных ассигнований по многим статьям сметы расходов вызывает серьезные сомнения. Если же расчет себестоимости производить по затратам, определяемым нормами и нормативами, то возникают проблемы, связанные с наличием и актуальностью нормативной базы.



Отрицательным моментом затратного способа ценообразования является то, что практически не учитывается влияние цен конкурентов на спрос. По этой причине ценовая конкуренция между вузами минимальна.

Таким образом, можно сделать вывод, что определенная «затратным способом» цена не отражает меры полезности образовательного продукта для потребителя.

Существенно влияют на объективность ценообразования затратным методом коллективный характер предоставления и потребления образовательных услуг и зависимость себестоимости услуги от укомплектованности конкретной специальности или учебной группы.

Цены на образовательные услуги формируются с учетом специфики функционирования вуза и метода формирования численности персонала организации, содержащегося за счет средств выделяемых из государственного бюджета и собственных средств, получаемых от оказания образовательных услуг.

В качестве базы для калькулирования себестоимости и определения цены на образовательную услугу (обучение в течение одного года по специальности) принимаются фактические показатели по численности студентов и работников вуза за предыдущий учебный год. В расчете используется среднегодовая численность студентов, которая может быть определена по формуле:

$$Ч_{сг} = \frac{\sum_1^n Ч_{ст}}{n}, \quad (1)$$

где  $Ч_{сг}$  — среднегодовая численность пользователей услуги (студентов) за предыдущий год;  $Ч_{ст}$  — численность пользователей услуги на первое число каждого месяца;  $n=12$  — количество месяцев принимаемых для расчета.

В случае оказания образовательной услуги менее чем за 1 год, значение  $n$  может быть принято равным 10.

В соответствии с Порядком формирования стоимости платного образования расчет стоимости обучения составляется в разрезе следующих статей затрат:

- 1) заработная плата;
- 2) начисления на заработную плату;
- 3) приобретение предметов снабжения и расходных материалов;
- 4) командировки и служебные разъезды;
- 5) оплата транспортных услуг;
- 6) оплата услуг связи;
- 7) оплата коммунальных услуг;
- 8) прочие текущие расходы на закупку товаров и оплату услуг;

9) капитальные вложения в основные фонды;

10) налоги, сборы и отчисления.

Для определения планового фонда заработной платы все категории работников вуза необходимо классифицировать и определить потребную численность работников, необходимых для оказания образовательной услуги.

#### **Определение численности работников вуза, занятых оказанием образовательных услуг**

Для упрощения расчета можно применить следующую классификацию работников:

1) основной персонал — профессорско-преподавательский состав;

2) прочие работники (учебно-вспомогательный персонал, административно-управленческий и обслуживающий персонал).

Тогда общая численность работников, занятых оказанием образовательных услуг определяется как сумма двух составляющих:

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{ппс}} + N_{\text{проч}}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{ппс}}$  — расчетная численность основного персонала (ППС); необходимого для осуществления образовательной услуги в течение года;  $N_{\text{проч}}$  — расчетная численность прочего персонала, необходимого для осуществления услуги.

Общая численность ППС может быть определена по формуле:

$$N_{\text{ппс}} = \frac{Чд}{Кд} + \frac{Чз}{Кз}, \quad (3)$$

где  $N_{\text{ппс}}$  — расчетная численность основного персонала, необходимого для осуществления образовательной услуги в течение года;  $Чд$  и  $Чз$  — численность студентов, потребителей образовательной услуги соответственно по дневной и заочной форме обучения;  $Кд$  — коэффициент, учитывающий соотношение среднегодового числа студентов дневной формы обучения на одного преподавателя;  $Кз$  — коэффициент, учитывающий соотношение среднегодового числа студентов заочной формы обучения на одного преподавателя.

Значения  $Чд$  и  $Чз$  можно определить с помощью статистических приемов.

Коэффициенты  $Кд$  и  $Кз$  являются нормативными при формировании численности профессорско-преподавательского состава работающего по бюджетной смете расходов и может принимать различные значения ( $Кд$  от 8 до 12,  $Кз = 35$ ).

Данные нормативы могут меняться. При этом изменение нормативов влияет на статьи затрат «Заработная плата» и «Начисления».

### Расчет численности прочего персонала

Для определения количества ставок прочего персонала, можно использовать различные базы расчета. Так можно определить или установить нормативы численности работников на определенное количество пользователей образовательной услуги. Однако, сложность возникает в связи с большой длительностью услуги, изменением численности потребителей и отсутствием реальных экономически обоснованных нормативов. Одним из способов при определении необходимой численности прочего персонала, занятого оказанием образовательных услуг может быть вариант с использованием удельного веса этой категории в общей численности работников профессорско-преподавательского состава. В предложенном варианте этот показатель можно выразить формулой:

$$N_{np} = \frac{N_{nnc} \cdot \kappa}{(1 - \kappa)}, \quad (3)$$

где  $N_{np}$  — расчетная численность ставок прочих работников;  $N_{nnc}$  — расчетная численность ставок ППС;  $\kappa$  — нормативный коэффициент, учитывающий удельный вес ставок прочих работников в численности основных работников.

Правильно подобранное значение коэффициента позволит установить оптимальную численность прочего персонала, занятого оказанием образовательных услуг. С учетом специфики вуза данный коэффициент может иметь значение в диапазоне от 0,4 до 0,6.

Оптимизация численности работников позволяет в конечном итоге регулировать расходы вуза по статьям «Заработная плата» и «Начисления».

Плановый фонд заработной платы при этом исчисляется с учетом нормативов, норм нагрузки, ставок заработной платы, должностных окладов и условий оплаты труда для организаций бюджетной сферы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Экономика и управление в сфере образования. Учебное пособие под общ. редакцией М.Ф. Грищенко, Б.А. Татаринова. — Мн.: ВУЗ-ЮНИТИ, 1999. — 296с. 2. Суша Н.В. Финансовый менеджмент вуза. — Мн.: «Право и экономика», из-во МИУ, 2001. — 168с. 3. Экономика и организация управления вузом: Учебник для вузов / Авт. кол. Ю.С. Васильев, М. П. Федоров, А. В. Федоров и др.; Под ред. В. В. Глухова; СПб. гос. тех. ун-т. — СПб.: Лань, 1999. — 448 с. 4. Зверев В.Ф., Рыбалко А.Н., Зновец Н.К., Король В.В. Совершенствование организационно-экономического механизма управления в вузах технического профиля. Материалы докладов международной научно-практической

кой конференции «Стратегия развития высшего технического образования в Республике Беларусь» — Мн.: УП «Технопринт», 2003. — С. 58–61.

УДК 334.722:378.1

Н.К. Зновец, А.Н. Рыбалко

## **МЕХАНИЗМ СТИМУЛИРОВАНИЯ ОПЛАТЫ ТРУДА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ, ЗАНЯТЫХ ОКАЗАНИЕМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ, КАК ЭЛЕМЕНТ ФИНАНСОВОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ВУЗАХ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Перспектива развития любого предприятия, организации или учреждения в экономическом и финансовом плане наряду с макро- и микроэкономическими факторами во многом обусловлена финансовой политикой, проводимой руководством организаций. Традиционное распоряжение финансами в образовательных учреждениях, направленное преимущественно на расходование бюджетных средств, имеет мало общего с финансовым менеджментом как полноформатным процессом управления денежными потоками. Однако, практика хозяйственной деятельности вузов такова, что при сложившейся экономической ситуации, когда бюджетного финансирования недостаточно для покрытия расходов, связанных с деятельностью вуза, перед руководством государственных вузов остро встает вопрос о решении различных проблем, связанных с оптимизацией хозяйственных процессов в вузе и совершенствованием механизма управления. Одним из элементов механизма управления является эффективное распределение денежных средств, получаемых вузом от внебюджетной (предпринимательской) деятельности.

Денежные средства, поступающие от оказания образовательных и других услуг в государственных вузах распределяются по основным направлениям и статьям согласно планируемой смете доходов и расходов. Одним из основных нормативных актов, регламентирующих вопросы хозяйственной деятельности государственных вузов является «Инструкция о порядке планирования, учета и использования средств, получаемых организациями, финансируемыми из бюджета, от приносящей доходы деятельности». Денежные средства государственных вузов, получаемые от хозяйственной деятельности расходуются по следующим статьям:

*заработная плата;*  
*начисления на заработную плату;*  
*приобретение предметов снабжения и расходных материалов;*  
*командировки и служебные разъезды;*  
*оплата транспортных услуг;*  
*оплата услуг по связи;*  
*оплата коммунальных услуг;*  
*прочие текущие расходы на закупку товаров и оплату услуг;*  
*налоги и отчисления.*

Кроме этого организации предусматривают капитальные расходы на строительство, текущий и капитальный ремонты.

Анализ показывает, что самыми большими статьями расходов являются «Заработная плата» и «Начисления на заработную плату». Их удельный вес составляет в сумме около 40% от всех расходов вуза.

Заработная плата всех категорий работников государственного вуза регламентируется законодательством и формируется на основании единой тарифной сетки (ЕТС), тарифных коэффициентов и тарифной ставки первого разряда. Аналогичный порядок действует в производственных отраслях народного хозяйства Республики Беларусь. Основное отличие составляет размер тарифной ставки первого разряда и различные условия стимулирования оплаты труда.

К сожалению, действующая система оплаты труда и применяемый механизм стимулирования (премирования и установления надбавок) не полностью удовлетворяет потребности вузов в отборе лучших кадров для профессорско-преподавательского состава. При отсутствии должной мотивации в оплате труда профессорско-преподавательский состав стремится выработать нагрузку, установленную на ставку и, получив гарантированный оклад, заниматься преподавательской или научной деятельностью в других организациях.

Уравниловка при оплате труда основной категории работников-профессорско-преподавательского состава не позволяет стимулировать рост качества образовательных услуг, оказываемых работниками государственных вузов.

Численность профессорско-преподавательского состава государственного вуза (ППС) рассчитывается на основе приведенного числа студентов, слушателей подготовительного отделения, среднегодового числа аспирантов по нормативам, используемым в бюджетных расчетах. Численность административно-управленческого, учебно-вспомогательного и прочего персонала рассчитывается исходя из соотношения указанных категорий работников согласно штатному расписанию по бюджету контингента обучающихся за счет

средств государственного бюджета. Рассчитанный штат ППС призван обеспечить полностью учебный процесс в течение года, т.е. выполнить всю учебную нагрузку. Определенная часть нагрузки штатным преподавателям и преподавателям-совместителям оплачивается почасово. Однако, существует проблема по выполнению объема учебной нагрузки для категории обучающихся на платной основе. Имея внебюджетные средства от оказания услуг данной категории студентов, представляется важным иметь возможность применения эффективных вариантов их расходования по основным направлениям с учетом требований действующего законодательства.

Руководителям государственных вузов предоставлены широкие полномочия в части осуществления управленческих функций.

Это позволяет применять на уровне высшего учебного заведения элементы финансового менеджмента. В частности применение механизма стимулирования оплаты труда работников в зависимости от определенных критериев. Для профессорско-преподавательского состава таким критерием может служить установление надбавок за творческие достижения в зависимости от объема выполняемой нагрузки.

Взаимосвязь роста заработной платы и объемов выполняемой нагрузки на преподавателя можно выразить целевой функцией:

$$Z = D + S_{np} + D \cdot K \rightarrow \max ,$$

где  $D$  — должностной оклад преподавателя на ставку при фиксированном объеме выполняемой нагрузки принятом за базу;  $S_{np}$  — сумма премирования и прочих постоянных доплат, предусмотренных законодательством;  $K$  — коэффициент, учитывающий стимулирующую надбавку к окладу с учетом роста объема выполняемой нагрузки на ставку.

При этом следует принимать значение коэффициента  $K=0$  при объеме нагрузки принятом за базу. При росте объема нагрузки на 1 ставку относительно базового стимулирующий коэффициент может принимать значения в пределах от 0,1 до 1,0.

Данная модель стимулирования заработной платы будет увязана с объемом учебной нагрузки конкретного преподавателя или доцента. Размеры надбавок ППС (от ассистента до профессора) напрямую увязаны с объемом выполняемой нагрузки и тарифным окладом конкретного преподавателя.

Внедрение системы стимулирования труда ППС потребует частичного перераспределения денежных средств вуза по статьям расходов и вместе с тем позволит:

— осуществить экономию денежных средств за счет сокращения почасового фонда;

- *увеличить среднемесячную зарплату преподавателей;*
- *оптимизировать распределение учебной нагрузки среди преподавателей, напрямую увязав ее с возможностью заработать.*

Формирование заработной платы с учетом стимулирующей надбавки приведенное на условном примере выглядит следующим образом:

*Исходные данные:*

ДОЦЕНТ: 1 ставка,

Годовая учебная нагрузка на ставку — 850 час.

(из них 100 час стимулирующая нагрузка для установления надбавки)

Количество почасового фонда — 50 час. (5 час x 10 мес)

Всего нагрузка — 900 час.

Размер почасовой оплаты — 3675 руб.

Стаж работы св. 15 лет.

Расчет заработной платы преподавателя с учетом стимулирующей надбавки:

Составляющие должностного оклада:

1) тарифный оклад — 158 844 руб;

2) доплата за стаж (25%) — 39 711 руб.

**ИТОГО ДОЛЖНОСТНОЙ ОКЛАД — 198 555 руб.**

3)  $K = 0,4$  — коэффициент, учитывающий надбавку за производственные достижения (с учетом роста объема учебной нагрузки на 100 часов) Расчет суммы стимулирующей надбавки:  $198555 \times 0,4 = 79\,422$  руб.

Должностной оклад с учетом принятого значения коэффициента 277 977 руб.

4) Доплата за ученую степень — 49500 руб.

5) Премия — 50 000 (сумма условная).

6) Почасовая за месяц:  $5 \text{ час} \times 3675 \text{ руб} = 18\,375$  руб.

В данном примере значение коэффициента  $K$  принято равным 0,4. На установление значения коэффициента оказывают влияние следующие показатели:

- 1) фактическое количество потребителей платных услуг (студентов);
- 2) численность ППС, занятых оказанием платных услуг;
- 3) фактические поступления от оказания платных услуг;
- 4) объем учебной нагрузки на одного работника из числа ППС.

Доплата за степень, премирование и оплата труда за совместительство в рассматриваемой ситуации не оказывают серьезного влияния на значение коэффициента  $K$ .

**Фонд заработной платы профессорско-преподавательского состава с учетом**

| Должность                     | Оклад  | Стаж,<br>25% | Прем.<br>фонд<br>(50%) | Итого<br>месячный<br>ФЗП, руб. | ВСЕГО<br>годовой<br>ФЗП,<br>млн.<br>руб. | Почасовой<br>фонд |        |
|-------------------------------|--------|--------------|------------------------|--------------------------------|--|-------------------|--------|
|                               |        |              |                        |                                |  | часы              | руб.   |
| <b>Доцент</b>                 | 158844 | 39711        | 99277,5                | 297832,5                       | 3,574                                    | 100               | 367500 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 75                | 275625 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 50                | 183750 |
|                               |        |              |                        |                                |  |                   |        |
|                               |        |              |                        |                                |  | 100               | 367500 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 75                | 275625 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 50                | 183750 |
|                               |        |              |                        |                                |  |                   |        |
| <b>Ст.препода-<br/>ватель</b> | 148428 | 37107        | 92767,5                | 278302,5                       | 3,340                                    | 100               | 297500 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 75                | 223125 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 50                | 148750 |
|                               |        |              |                        |                                |  |                   |        |
|                               |        |              |                        |                                |  | 100               | 297500 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 75                | 223125 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 50                | 148750 |
|                               |        |              |                        |                                |  |                   |        |
| <b>Препода-<br/>ватель</b>    | 140154 | 35038,5      | 87596,3                | 262788,8                       | 3,153                                    | 100               | 297500 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 75                | 223125 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 50                | 148750 |
|                               |        |              |                        |                                |  |                   |        |
|                               |        |              |                        |                                |  | 100               | 297500 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 75                | 223125 |
|                               |        |              |                        |                                |  | 50                | 148750 |



## увеличения учебной нагрузки и стимулирующей надбавки по БНТУ

| Надбавка за производственные достижения, руб. |                   |                 |   |         | Итого<br>месячный<br>ФЗП с<br>надбавкой,<br>руб. | ВСЕГО годовой<br>ФЗП с<br>надбавкой,<br>млн. руб. |
|---|-------------------|-----------------|---|---------|--|---|
| 40%<br>(за год)                               | 30%<br>(за год)   | 20%<br>(за год) | в том числе без<br>выполнения учебной<br>нагрузки |         |  |   |
|   |                   |                 | в год   | в месяц |  |   |
| 953064  |                   |                 | 585564  | 48797   | 377254,5   | 4,527   |
|   | 714798            |                 | 439173  | 36598   | 357399   | 4,289   |
|   |                   | 476532          | 292782  | 24399   | 337543,5   | 4,051   |
| 50%<br>(за год)                               | 37,5%<br>(за год) | 25%<br>(за год) |   |         |  |   |
| 1191330                                       |                   |                 | 823830  | 68653   | 397110   | 4,765   |
|   | 893497,5          |                 | 617872,5  | 51489   | 372291   | 4,467   |
|   |                   | 595665          | 411915  | 34326   | 347471,3   | 4,170   |
| 40%<br>(за год)                               | 30%<br>(за год)   | 20%<br>(за год) |   |         |  |   |
| 890568  |                   |                 | 593068  | 49422   | 352516,5   | 4,230   |
|   | 667926            |                 | 444801  | 37067   | 333963   | 4,008   |
|   |                   | 445284          | 296534  | 24711   | 315409,5   | 3,785   |
| 50%<br>(за год)                               | 37,5%<br>(за год) | 25%<br>(за год) |   |         |  |   |
| 1113210                                       |                   |                 | 815710  | 67976   | 371070   | 4,453   |
|   | 834907,5          |                 | 611782,5  | 50982   | 347878,1   | 4,175   |
|   |                   | 556605          | 407855  | 33988   | 324686,3   | 3,896   |
| 40%<br>(за год)                               | 30%<br>(за год)   | 20%<br>(за год) |   |         |  |   |
| 840924  |                   |                 | 543424  | 45285   | 332865,8   | 3,994   |
|   | 630693            |                 | 407568  | 33964   | 315346,6   | 3,784   |
|   |                   | 420462          | 271712  | 22643   | 297827,3   | 3,574   |
| 50%<br>(за год)                               | 37,5%<br>(за год) | 25%<br>(за год) |   |         |  |   |
| 1051155                                       |                   |                 | 753655  | 62805   | 350385,1   | 4,205   |
|   | 788366,3          |                 | 565241,25   | 47103   | 328486,0   | 3,942   |
|   |                   | 525577,5        | 376827,5  | 31402   | 306586,9   | 3,679   |

Проведенный сравнительный анализ по росту заработной платы в зависимости от объема выполняемой нагрузки по Белорусскому национальному техническому университету показывает, что начисленная заработная плата на штатную должность увеличивается в среднем от 20 до 45 тысяч рублей в месяц. Данные расчета по состоянию на март 2003 года в разрезе должностей профессорско-преподавательского состава и объема нагрузки по университету представлены в табл. 1.

Следует отметить, что государственные вузы, как субъекты хозяйствования, наряду с предприятиями различных сфер экономики имеют большую самостоятельность в осуществлении различных направлений экономической деятельности во многих странах мира. Например, в Российской Федерации законодательно определено, что государственные вузы приравниваются к предприятиям в части осуществления ими предпринимательской (хозяйственной) деятельности. Вузы сами зарабатывают и сами распоряжаются получаемыми денежными средствами. Поэтому использование на практике предлагаемого механизма стимулирования заработной платы может быть полезно для любого государственного вуза нашей республики. Это позволит расширить автономию высшего учебного заведения при определении путей, форм и методов реализации поставленных перед вузом целей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Леутина Л., Бондарь Т., Якубович В. Проблемы планирования затрат на подготовку специалистов высшей квалификации // ГБ «Бюджетные организации». — 2003. — № 2. — С. 54-58.
2. Бычкова Г.М. Совершенствование финансового управления в вузах // Белорусский экономический журнал. — 2000. — № 3. — С. 76-85.
3. Суша Н.В. Финансовый менеджмент вуза. — Мн.: «Право и экономика», из-во МИУ, 2001. — 168с.
4. Экономика и организация управления вузом: Учебник для вузов/Авт. кол. Ю. С. Васильев, М. П. Федоров, А. В. Федоров и др.; Под ред. В. В. Глухова; СПб. гос. тех. ун-т. — СПб.: Лань, 1999. — 448 с.
5. Зверев В.Ф., Рыбалко А.Н., Зновец Н.К., Король В.В. Совершенствование организационно-экономического механизма управления в вузах технического профиля. Материалы докладов международной научно-практической конференции «Стратегия развития высшего технического образования в Республике Беларусь» — Мн.: УП «Технопринт», 2003. — С. 58-61.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И МАКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

Конец XX и начало XXI века характеризуется активизацией интеграционных и глобализационных явлений. Глобализация выступает уже не просто как процесс общественный, но и как следствие требованиям технического прогресса, т.е. естественного процесса, обусловленного развитием человеческой цивилизации. Независимо от того, какими материальными ресурсами обладает система, сами по себе они не приумножаются. И государство, и фирма развивается энергией и интеллектом составляющих их людей. Главная производительная сила — человек, вооруженный средствами производства и знаниями, а информационное обеспечение выступает как способ передачи знаний и помогает человеку в осуществлении целесообразных трудовых действий, но не выполняет их вместо человека.

Социально-экономическое развитие в вышеуказанном периоде времени характеризуется возрастающей ролью человеческого фактора. В экономике современного мира человеческие ресурсы играют определяющую роль в достижении конкурентных преимуществ и обеспечении качественных параметров экономики. Перспективы этого развития в XXI веке связываются именно с человеческими ресурсами как носителями знаний.

В основе современной теории человеческого капитала лежит экономический подход к человеческому поведению, нашедший выражение в следующей логической схеме лауреата Нобелевской премии Г.Беккера:

— способности, знания, профессиональные навыки, мотивация становятся капиталом в момент купли-продажи рабочей силы, найма на работу или получения вознаграждения исполнителем работы;

— целесообразное использование капитала должно вести к росту доходов работников;

— рост доходов стимулирует работника делать вложения в здоровье, образование для повышения запаса знаний и навыков, чтобы затем эффективно применить их.

Г. Беккер показал, что выбор любого варианта инвестиций в повышение квалификации, рост навыков и умений (например, продолжение образования) представляет собой частный случай рационального выбора и что при этом можно выявить критерии, по которым он делается.

Человеческие ресурсы превращаются в реально действующий человеческий капитал при условии реализации заложенного в них потенциала в результаты деятельности, имеющие товарную форму. Человеческий капитал как экономическая категория по многим признакам совпадает с активной частью основного капитала (машины, оборудование) — он морально и физически изнашивается, требует текущего и капитального ремонтов, модернизации и замены и др. Эти признаки должны стимулировать руководителей хозяйственных субъектов на разработку мероприятий по повышению его эффективности.

В широком смысле человеческий капитал нужно рассматривать как социально-экономическую форму нынешнего качества человеческого потенциала в масштабах определенного общества (страны). В узком смысле — это та его часть, которая производительно используется предпринимателями для извлечения прибыли.

Теория человеческого капитала делит его на общий и специфический. Общий капитал включает в себя такую общую подготовку работника, оплачиваемую в основном им самим, которая позволяет ему работать во многих фирмах по различному профилю. Если эта подготовка оплачена фирмой, то на нее ложатся потери вложений в случае увольнения работника.

Специфический капитал — подготовка, связанная с деятельностью только одной фирмы и ею оплачиваемая. При увольнении работника потери несет сам работник, так как полученные знания не могут быть перенесены на другую фирму. Работник держится за место, а фирма держится за работника, потому что на рынке труда нет такого специфического ресурса. Образуется ситуация двусторонней монополии, которая служит базой стабилизации кадрового состава.

В качестве комбинированной социально-экономической категории человеческий капитал отражает многоплановость перемен в системе общественного производства, т.е. умственный труд начал превосходить физический. В современных условиях хозяйствования интеллектуальный труд, представляющий собой деятельность людей по производству, усвоению и практическому использованию знаний приобрел господствующее положение.

Наиболее полное определение человеческого капитала с позиций функционального анализа экономики, на наш взгляд, предложено С. Дятловым: сформулированный в результате инвестиций и накопленный человеком оп-

ределенный запас здоровья, знаний, навыков, способностей, мотиваций, которые целесообразно используются в той или иной сфере общественного производства, содействуют росту производительности труда и эффективности производства и тем самым влияют на рост доходов данного человека.

На современном этапе человек выступает в НТП не только носителем, но и создателем новых знаний, что подтверждается изменением подхода к построению моделей функционирования макроэкономических систем. Такие системы, как «пожизненный найм» (Япония) направлены на накопление и сохранение человеческого капитала.

Экономические исследования не только подтвердили зависимость экономики от накопленного человеческого капитала и характера его использования, но и способствовали выработке социально-экономической политики, направленной на закрепление и развитие достигнутых преимуществ.

Новое понимание человеческого капитала получило признание международных организаций. В 1990 г. создана специализированная международная организация «Программа развития ООН», которая выпускает ежегодные доклады о развитии человека в динамике накопления человеческого капитала.

В качестве интегральных показателей для межстранового сопоставления в эффективности инвестиций в человеческий капитал используются:

— индекс человеческого капитала на душу населения, который отражает уровень затрат государства, частного бизнеса и граждан на образование, здравоохранение и другие секторы социальной сферы в расчете на душу населения;

— индекс развития человеческого потенциала определяется как среднеарифметическое трех индексов: ожидаемой продолжительности жизни ( $I_{ж}$ ), уровня образования ( $I_{о}$ ) и ВВП на душу населения (в долл. по паритетной покупательной способности ( $I_{ввп}$ ))

$$I_{рчп} = \frac{1}{3} (I_{ж} + I_{о} + I_{ввп});$$

— индекс интеллектуального потенциала общества отражает уровни образования населения и состояния науки. Учитываются: уровень образования взрослого населения страны, удельный вес студентов в общей численности населения, доля расходов на образование в ВВП, удельный вес занятых в научном обслуживании в общей численности занятых, удельный вес затрат на науку в ВВП.

Важной характеристикой человеческого капитала выступают его этические наклонности. С 1995 г. международная антикоррупционная организация «Международная транспарентность» (Берлин) выпускает результаты ежегодных исследований (по 90 странам) степени коррумпированности госслужащих

и политиков. На основе широких социологических исследований составляется комплексный индекс коррупции (КИК), который ранжирует страны по шкале от «0» (полная коррупция) до «10» (отсутствие коррупции). В 2001 г. наименее коррумпированной были Финляндия, а наиболее — Бангладеш. В США с индексом КИК-7,6 заняла 16 место. В настоящее время указанная организация готовит материалы по коррумпированности бизнеса, - для его характеристики вводится индекс «взяткодателей». В связи с раскрытием крупных махинаций в компаниях США и Европы контролирующие органы обратили внимание на перекосы в бизнесе — образовании: в ведущих школах бизнеса фактически декларируется, что бизнес и этика несовместимы.

В последнее время значительно повысилась роль человеческого капитала в организациях. Время, когда традиционный капитал приводил в движение механизм бизнеса, отходит в прошлое. В условиях развитых рынков капитала конечным ресурсом развития и конкурентоспособности становится достигнутая компетентность, т.е. человеческий капитал — качество работника. Отсюда строится стратегия наиболее успешных деловых организаций.

Фирму (работодателя) интересует инструментарий оценки стоимости человеческих ресурсов, баланс затрат и эффективность использования.

Реализуемая ценность работника рассчитывается на основании величины ожидаемой условной ценности работника и вероятности во времени сохранения им членства в организации. Тогда эффект программы обучения можно определить по формуле

$$\Delta_n = (T \cdot N \cdot V \cdot K) - (N \cdot C),$$

где  $T$  — продолжительность воздействия программы (лет) на производительность труда и другие факторы повышения эффективности хозяйственной деятельности фирмы;  $N$  — количество обученных работников;  $V$  — стоимостная оценка различий в ценности для компании «лучших и средних работников, исполняющих однотипные обязанности» (долл.);  $K$  — коэффициент, характеризующий эффект обучения работников (рост ценности в долях « $V$ »);  $C$  — затраты на обучение.

Эффект получения сводится к тому, что результаты труда «средних» работников подтягиваются к «лучшим», улучшается работа и последних. Непосредственно это выражается в увеличении объема производимой продукции (услуг) на одного работника, повышении их качества и снижении издержек.

По срокам окупаемости инвестиции в человеческий капитал сходны с инвестициями в основной капитал, но не получают отражения в соответствующих финансовых документах. Вопрос о добавлении к стоимости фирмы интеллектуального капитала пока не решен на уровне финансовой отчетнос-

ни. Так что фирмы не заинтересованы проводить обучение персонала общепрофессиональным базовым умениям, которые увеличивают человеческий капитал, но в то же время увеличивают возможности человека к трудоустройству в другой фирме.

Задача государства в этом вопросе заключается в обеспечении достаточных вложений в человеческий капитал, т.е. в общую подготовку, которая рассматривается как один из наиболее эффективных каналов содействия предпринимательству.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фатхутдинов Р.А. Конкурентоспособность организации в условиях кризиса. — М., 2002. — 885 с.

УДК 336.77 (476)

А.А. Королько, С.Г. Тарелко

### ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ И ПРИВЛЕЧЕННЫХ РЕСУРСОВ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Альтернативными способами привлечения ресурсов являются: кредит, аренда, эмиссия акций и облигаций.

В качестве технического средства при достижении приемлемых решений используется динамичная система оценки экономической эффективности.

При оценке экономической эффективности инвестиций собственника при привлечении **кредита** используют коэффициент мультипликации собственного капитала, который характеризует рост внутренней нормы рентабельности собственных инвестиций при увеличении объемов инвестирования за счет привлекаемых кредитов. Коэффициент определяется по формуле:

$$K_M = IRR_0 / IRR_c,$$

где  $IRR_0$  — внутренняя норма рентабельности при реализации проекта с привлечением кредитов;  $IRR_c$  — внутренняя норма рентабельности при реализации проекта за счет собственных инвестиций.

**Аренда** представляет основанное на договоре срочное возмездное владение и пользование имуществом, необходимым арендатору для самостоятельного осуществления хозяйственной деятельности.

**Экономическую эффективность аренды для арендатора** характеризует один показатель: экономический эффект или чистая дисконтированная стоимость за расчетный период.

**Экономическую эффективность аренды для арендодателя** характеризуют два показателя: экономический эффект или чистая дисконтированная стоимость за расчетный период и внутренняя норма рентабельности.

**Лизинг** — это комплекс экономических отношений складывающихся в основанной на кредите инвестиционной операции, состоящей из покупки и последующей аренды актива. Лизинг можно трактовать как долгосрочную аренду машин и оборудования, на срок от трех и более лет, купленных арендодателем для арендатора с целью их производственного использования, при сохранении права собственности на них за арендодателем на весь срок договора. Лизинг предусматривает возможность выкупа оборудования по истечении срока действия лизингового договора или досрочно по остаточной стоимости.

В финансовом менеджменте широко используется категория «денежный поток» — CF (англ. Cash Flow). Расчет денежного потока предполагает определение суммы средств, которой предприятие может распоряжаться по своему усмотрению, и тех денежных средств, использование которых лимитировано законодательством. Дополнительное налогообложение, возникающее при капиталовложениях, так же учитывается в величине денежного потока, естественно снижая показатель прибыли от инвестиций.

Поток арендной задолженности — LCF (англ. Lease Cash Flow) определяется собственно арендными платежами — P, налоговыми льготами — S и налоговыми выплатами — C, соответствующими арендному финансированию:

$$LCF = P + S - C. \quad (1)$$

Поток кредитной задолженности — CCF (англ. Credit Cash Flow) определяется выплатами основной суммы долга — V, величиной начисляемых и уплачиваемых процентов на непогашенную часть кредита — R, налоговыми льготами — S и налоговыми выплатами — C, соответствующими кредитному финансированию:

$$CCF = V + R + S - C. \quad (2)$$

Для учета налоговых льгот в величине денежного потока финансовый менеджмент вводит понятие «налоговый щит». Сумма экономии на



налоговых выплатах (налоговый щит) представляет собой разницу сумм уплачиваемых налогов, возникающую в виду различия налогооблагаемых баз при одной и той же ставке налога. Налоговый щит инвестиций равен инвестиционным затратам, умноженным на ставку налога на прибыль инвестора:

$$\text{Sin } v = X * T - (X - \text{INV}) * T = \text{INV} * T, \quad (3)$$

где Sin v — налоговый щит инвестиций; X — налогооблагаемая база; T — ставка налога на прибыль предприятия; INV — сумма инвестиций.

Осуществляя капиталовложения посредством лизинга, его участники получают три основных вида инвестиционных налоговых льгот:

- **Налоговый щит арендной платы, получаемый арендатором.** В системе налогообложения арендные (лизинговые) платежи рассматриваются как операционные (текущие) расходы и включаются в себестоимость продукции (услуг), тем самым, уменьшая налогооблагаемую базу арендатора. Величина этого щита определяется как сумма арендных платежей, умноженная на ставку налогов с прибыли арендатора:

$$\text{Sr (налоговый щит арендной платы)} = P * T. \quad (4)$$

- **Процентный налоговый щит лизингодателя, берущего кредит на приобретение сдаваемого в аренду имущества.** Величина этого щита определяется как сумма процентов по кредиту на приобретение сдаваемого в аренду имущества — R, умноженная на ставку налогов с прибыли лизингодателя:

$$\text{Sr (налоговый щит процентов по кредиту)} = R * T. \quad (5)$$

- **Амортизационный налоговый щит лизингодателя, как собственника объекта лизинга.** Величина этого щита определяется как сумма амортизационных отчислений на восстановление арендуемого имущества — A, умноженная на ставку налогов с прибыли лизингодателя:

$$\text{Sa (налоговый щит амортизации)} = A * T. \quad (6)$$

В действующей налоговой системе, лизингодатель и арендатор получают инвестиционные налоговые льготы, однако лизинговому финансированию соответствует дополнительное налогообложение:

- **Государство при лизинге получает возможность облагать налогами непосредственно арендные платежи.** Если объектом налогообложения являются собственно арендные платежи, то сумма получаемого лизингодателем арендного дохода уменьшается на величину налогов, рассчитанных по установленным для этого налогообложения ставкам — Tr:

$$\text{Cr (налоги непосредственно на арендные платежи)} = P * \text{Tr}. \quad (7)$$

• Лизинговые платежи всегда приравниваются к ренте, которую лизингодатель обязательно должен включать в облагаемый налогом доход. Доход, получаемый лизингодателем в виде арендных платежей, уменьшается на величину налоговых отчислений по установленной для него ставке налога на прибыль — Т:

$$\text{Crт (налоговые отчисления с арендного дохода)} = (P - \text{Cr}) * T. \quad (8)$$

Возникающие при лизинговом финансировании капиталовложений налоговые льготы и выплаты зависят от величины арендной платы — Р, ставок налогов непосредственно с арендных платежей — Tr, ставок налогов на прибыль лизингодателя и арендатора — Т, стоимости ссудных фондов — R и величины амортизации арендуемого имущества — А.

Арендатор актива приобретает налоговый щит арендной платы. Поэтому, его поток арендной задолженности есть величина арендного платежа за вычетом величины налогового щита арендной платы:

$$\text{LCF арендатора} = P - \text{Sp}. \quad (9)$$

Поток поступающей лизингодателю арендной задолженности равен величине арендного платежа за вычетом налоговых отчислений непосредственно с арендных платежей, а также налоговых отчислений с арендного дохода по установленной ставке налога на прибыль:

$$\text{LCF лизинговой компании} = P - \text{Cr} - \text{Crт}. \quad (10)$$

Поток кредитной задолженности лизингодателя, возникающий в связи с ссудой на покупку актива, равен выплатам основной суммы долга и уплачиваемых процентов на непогашенную часть кредита за вычетом налоговых щитов амортизации и процентов по кредиту:

$$\text{CCF лизинговой компании} = V + R - \text{Sa} - \text{Sr}. \quad (11)$$

Приобретая активы для последующей передачи их в аренду, лизингодатель осуществляет финансовое посредничество между продавцом и арендатором. Поэтому общий денежный поток лизингодателя — это сумма его денежных потоков кредитной и арендной задолженности:

$$\text{CF лизинговой компании} = - (V + R - \text{Sa} - \text{Sr}) + (P - \text{Cr} - \text{Crт}). \quad (12)$$

Уменьшение налогового бремени рассматривается арендаторами и лизингодателями как дополнительный доход. Этот доход связан с реальным

потоком денежных средств по лизинговому соглашению и возникает вследствие уменьшения налоговых обязательств. Расчет величин потоков кредитной и арендной задолженностей позволяет оценить прямые последствия принятия решения о лизинге. Для этого участникам лизинга достаточно сравнить начальную сумму финансирования —  $INV_0$  с суммой последующих денежных потоков за весь срок действия контракта (от 0 до  $n$ ).

Превышение начальным арендным финансированием —  $INV_L$  всех последующих потоков арендной задолженности представляется арендатору его доходом от инвестиций. Он определит прямые последствия принятия лизинга по формуле:

$$INV_L - \sum_{t=0}^n LCF(t) \Rightarrow INV_L - \sum_{t=0}^n (P(t) - Sp(t)) > 0. \quad (13)$$

Если приведенное выше условие не выполняется, то для арендатора лизинг не приемлем. Оценка прямых последствий того же лизингового контракта лизингодателем будет иной. Он определит прямые последствия принятия лизинга по формуле:

$$INV_C - \sum_{t=0}^n CCF(t) - INV_L + \sum_{t=0}^n LCF(t) > 0. \quad (14)$$

Лизингодатель получит доход по сделке, если начальное кредитное финансирование —  $INV_C$  и суммарный поток арендной задолженности превысят сумму начального арендного финансирования и все потоки кредитной задолженности.

Будущие налоговые условия лизингового финансирования капиталовложений играют едва ли не решающую роль в оценке эффективности лизинга его участинками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карп М.В. Финансовый лизинг на предприятии. — М.: Финансы, ЮНИТИ 1998. — 119 с.
2. Прилуцкий Л.Н. Финансовый лизинг. — М.: Изд-во Ось — 89, 1997. — 272 с.
3. Э. Рид, Р. Котлер, Э. Гилл, Р. Смит Коммерческие банки. — М., Космополис, 1991. — 311 с.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР СТАБИЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

За последние десятилетия ключевые концепции жизнедеятельности общества претерпели значительные изменения. Если в 80-е годы XX столетия все решало качество, в 90-е — реинжиниринг бизнес-процессов, то на данном этапе на первый план выступает ключевая концепция «скорость». Причем скорость изменения не только характера бизнеса и оперативности управления бизнес-процессами, но и скорость изменения образа жизни потребителей и их запросов под влиянием все большей доступности информации. Поскольку основу современной жизни практически во всех ее проявлениях составляют потоки цифровой информации, то в отношении деятельности предприятий и организаций можно утверждать, что их успешность тесно связана с переходом на новую философию обработки информации и совершенствованием информационных технологий.

Анализ исследований World Economic Forum по вопросам перспективной и текущей конкурентоспособности стран позволяет с большой долей уверенности предположить, что именно сектор информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), обеспечивающий основной объем экспорта и значительную долю ВВП, выводит Финляндию на первое место в рейтинге стран. И в то же время, система образования, инновационная система, система взаимосвязанных производств и услуг, адаптированные в Финляндии именно под сектор ИКТ, обладают самостоятельной ценностью и формируют условия для развития устойчивых конкурентных преимуществ. Таким образом, международный опыт ясно показывает, что эффективное использование ИКТ определяет конкурентоспособность не только экономики, но и общественных организаций, сферы образования, культуры, здравоохранения и т.д.

С учетом передового международного опыта в Республике Беларусь принята государственная программы информатизации «Электронная Беларусь» на 2003–2005 гг. и на перспективу до 2010 года. В рамках этой программы намечены основные направления развития ИКТ [2]:

1. Создание общегосударственной автоматизированной информационной системы.

2. Развитие телекоммуникационной инфраструктуры и создание пунктов доступа к открытым информационным системам.

3. Развитие и совершенствование ИКТ и формирование экспортно-ориентированной отрасли ИТ-индустрии.

4. Совершенствование законодательной базы и системы государственного регулирования в сфере информатизации.

5. Совершенствование деятельности государственных органов на основе использования ИКТ.

6. Развитие процессов информатизации в секторах реальной экономики, в том числе создание системы электронной торговли и логистики.

7. Развитие системы подготовки и переподготовки специалистов по ИКТ и квалифицированных пользователей.

8. Содействие развитию культуры и средств массовой информации посредством внедрения ИКТ.

9. Совершенствование системы информационной безопасности республики с учетом Концепции национальной безопасности.

Основной целью Программы является формирование в республике единого информационного пространства как одного из условий перехода к информационному обществу, обеспечивающего повышение эффективности функционирования экономики, государственного и местного управления, реализацию конституционных прав граждан на свободный поиск, передачу, распространение информации о состоянии экономического и социального развития общества.

Необходимость радикального преобразования информационных процессов легко пояснить на простом примере [1]. По крайней мере, два последние десятилетия можно характеризовать как информационную эру, но покупатели все еще ищут продавцов по старинке, поскольку основная часть обмена информацией между компаниями по-прежнему происходит с помощью бумажных носителей. Да, многие используют возможности информационных технологий — но лишь для контроля за основными операциями: управлением производственными системами, составлением счетов, ведением бухгалтерского учета и расчета налогов. Все это — не более чем автоматизация традиционных процессов. И только очень немногие используют эти технологии действительно по назначению, то есть для организации новых, радикально усовершенствованных бизнес-процессов, которые позволяют сотрудникам полностью раскрыть свои способности и обеспечат реакцию на любые изменения условий с такой скоростью, которая необходима для успешной конкуренции в новом мире «высокоскоростного» бизнеса.

Опыт ведущих компаний показывает, что даже компании, не жалеющие денег на информационные технологии, не получают полноценную отдачу от

своих вложений. Причем это несоответствие не устраняется повышением объема капиталовложений. Дело в том, что большинство компаний вкладывает средства в техническое обеспечение информационного комплекса. Восемьдесят процентов общего объема капиталовложений среднестатистической компании идут на технологии, которые могут обеспечить создание самых эффективных информационных коммуникаций, а вот отдача при этом составляет лишь 20% от возможных преимуществ. Следовательно, сами по себе информационные технологии не улучшают положение предприятия на рынке, его финансово-экономические показатели, не сокращают материалоемкость или энергоемкость продукции, но дают новый инструмент управления, который необходимо эффективно эксплуатировать. Неадекватность результата от внедрения ИКТ затратам объясняется, как недостаточной осведомленностью руководства о возможностях современных технологий, так и неполным использованием этих возможностей сотрудниками компании [1].

Таким образом, именно человеческий фактор можно выделить как сильный сдерживающий фактор. В такой ситуации особенно актуальным воспринимается седьмое направление программы «Электронная Беларусь»: «Развитие системы подготовки и переподготовки специалистов по ИКТ и квалифицированных пользователей». Основной целью этого направления является совершенствование системы подготовки специалистов для работы с современными ИКТ, обеспечение современного материально-технического оснащения учебного процесса.

Основными задачами данного направления являются [2]:

— создание в учреждениях образования современной методической и материально-технической базы подготовки и переподготовки специалистов для сферы ИКТ;

— формирование необходимой кадровой, методической и материально-технической базы в образовательных учреждениях начального и среднего профессионального образования;

— создание нормативной правовой базы информатизации образования и развития системы дистанционного обучения;

— создание системы профориентации учащейся молодежи в области ИКТ;

— развитие информационной и телекоммуникационной инфраструктуры в учреждениях среднего и высшего профессионального образования.

Успешное решение перечисленных задач должно активизировать человеческий фактор, преодолеть консерватизм специалистов, их нежелание обучаться и переобучаться, повысить уровень квалификации ведущих специалистов.

Конкретными мероприятиями по активизации человеческого фактора в сфере ИКТ с учетом специфики развития республики должны быть:

- популяризация идеи ИКТ на семинарах, конференциях, форумах для специалистов различного уровня (от руководителей до исполнителей);
- обучение руководителей и сотрудников приемам использования ИКТ для выполнения конкретных бизнес-операций (электронная почта, поиск актуальной информации и т.п.);
- материальное регулирование активности сотрудников при внедрении ИКТ.

Эксперты в области ИТ отмечают, что для стран с переходной экономикой наблюдается очень тесная взаимосвязь между процессами информатизации, инвестициями, инновациями и конкурентоспособностью. Особенно актуальной для Республики Беларусь проблема эффективного использования ИКТ становится в связи с приближением границ Евросоюза и ожидаемым подъемом инвестиционной активности. Бесспорно, что возрастание стратегической роли ИКТ для консалтинговых и маркетинговых исследований в целом способствует повышению конкурентоспособности экономики республики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гейтс Б. Бизнес со скоростью мысли. Изд. 2-е, испр. — М.: Изд-во «ЖСМО-Пресс», 2001. — 480с., илл. 2. «Электронная Беларусь». Гос. программа информатизации РБ на 2003–2005 г. и на перспективу до 2010 года. Утв. 27.12.2002. 3. Елизаров А.А. Дистанционное образование. — М.: МЦИО, 2000. 4. Эймор Д. Электронный бизнес: эволюция и/или революция. Пер. с англ. — М.: «Вильямс», 2001. — 752с. 5. <http://www.bizon.ru/library/stat/> 6. <http://www.telecominfo.ru>

*УДК 658.7*

**И.О. Лапутько**

### **СОВРЕМЕННОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ЛОГИСТИКИ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Еще в конце 60-х и начале 70-х гг. понятие «логистика», по свидетельству авторитетных источников, было понятно лишь узкому кругу специалистов. В русском языке этот термин использовался до недавнего времени лишь

в специальной литературе. С начала 90-х гг. логистика стала повсеместно использоваться не только в специальной литературе, но и в средствах массовой информации для обозначения нового направления в науке. Вместе с тем семантика происхождения термина до сих пор вызывает спор.

Термин «логистика» имеет многовековую историю. Считается, что логистика происходит от греческого слова *logistike*, что означает вычислять, калькулировать, принимать во внимание, рассуждать. С этимологических позиций термин имеет такие греческие корни, как *logos* (разум), *logismos* (расчет, раздумье, план), *logo* (думать, рассуждать), *logistica* (искусство проведения расчетов) и т.д. [1]. Древние греки понимали под логистикой искусство выполнения расчетов. Специальных государственных чиновников того времени, осуществлявших контроль за хозяйственной, торговой и финансовой деятельностью, называли логистами.

Вместе с тем термин логистика может восходить к французскому глаголу «*logos*», что значит снабжать, расквартировывать. Также не исключено, что источником происхождения этого термина является древнегерманское слово «*lanbja*» — беседа, склад, хранение [2].

В античные времена термин «логистика» был позаимствован у древних греков римлянами. В Древнем Риме существовали служители, которые носили титул «логисты» или «логистики». Они обеспечивали легионеров пищей и жильем. То есть в период Римской империи под «логистикой» понималось распределение продуктов питания, или продовольственное распределение.

Считается, что впервые определение логистика в IX в. н.э. приводит император Леон VI (*Leontos VI*) в своих документах «Общий анализ искусства войны», в которых он дал различие между тактикой и стратегией и определил логистику как третью категорию военного искусства. Таким образом, смысловое содержание понятия вновь претерпело некоторые изменения. В армии Византийской империи существовала специальная должность — «логистас». Логистас занимался организацией военных стоянок, подготовкой военных походов, обеспечением армии, а также контролировал многие вопросы, напрямую не относящиеся к его компетенции [3].

В XVII-XVIII вв. Г. Лейбниц использовал это понятие для обозначения математической логики. Такое понимание логистики закреплено в 1904 году в Женеве на философском конгрессе.

Наукой логистика стала благодаря военному делу. Создателем первых научных трудов по логистике принято считать французского военного специалиста начала XIX в. Джомини (*Antoine-Henry Jomini*), который определял логистику как «практическое искусство маневра войсками», как «мост между экономикой нации и воюющими частями». Он утверждал, что в понятие



логистики входит широкий круг вопросов, таких, как планирование, управление и снабжение, определение места дислокации войск, а также строительство мостов, дорог и т.д.

Считается, что некоторые принципы логистики нашли практическое применение в планировании запасов боеприпасов, продовольствия и квартирного обеспечения при движении армии Наполеона Бонапарта.

Быстрый рост технического развития и механизации войск привел в начале XX в. к смене акцентов в военной теории с управления битвой на обеспечение битвы, особенно на планирование, управление и обеспечение поставок, транспорта и запасных частей. С этого момента логистика в военных терминах означает расчеты, связанные с запросами, возможностями, пространством и временем.

В наиболее широких масштабах принципы и подходы логистики в военном деле стали применяться в период Второй мировой войны, и прежде всего в материально-техническом снабжении армии США на европейском театре военных действий. Возможно, что все перечисленные выше употребления термина логистика наложили отпечаток на его современное понимание.

В 50-е и последующие годы появляются публикации по теоретическим основам логистики и возможностям ее использования в экономике, формулируются близкие к современным определения термина. В дальнейшем во многих западных странах начинают осуществлять попытки поставить логистику на службу эффективности управления материальными потоками в экономике.

Современное развитие логистики в ее экономическом приложении можно разделить на 4 этапа.

Первый этап (60-е гг.) характеризуется использованием логистического подхода в управлении материальными потоками в сфере обращения. Постепенно приходит понимание того, что объединение потоковых процессов в производстве, хранении и транспортировании может дать существенный экономический эффект. К 60-м годам в связи с бурным ростом количества производств и потоков информации управление существенно усложнилось, что привело к необходимости применения в системах управления фирмами вычислительной техники (с соответствующим развитием математического аппарата в виде прежде всего исследования операций).

В это же время потребовалось уже учитывать не «усредненного», а конкретного потребителя: появилась концепция маркетинга с лозунгом «производить то, что продается, а не продавать то, что производится». Сервис поставок приобрел решающее значение в стратегии рынка [4].

Второй этап (80-е гг.) связывают с японским наступлением в сфере производства и торговли, особенно в области автоматизации. Европейский и

американский ответ на экономическую «агрессию» Японии проявился в повышении качества технологии при подготовке заказов. Источники конкурентной борьбы смещаются за пределы фирмы: понадобилось оптимизировать не отдельные этапы общественного производства, а их совокупность. Интеграционная основа логистики в это период расширилась и стала охватывать и производственный процесс.

Третий этап проходит в настоящее время. Реализуется одна из основных целей логистики — доставка грузов «точно в срок» с широким использованием электроники и оптимизации производства. В конкуренции начинают выигрывать те фирмы, которые, при прочих равных условиях, являются более конкурентоспособными в области продвижения товаров на рынок и оперативного получения необходимых ресурсов. Совокупность материалопродводящих субъектов приобретает целостный характер.

Четвертый этап — логистика будущего. В его границах в полной степени будет проявляться системное рассмотрение всех процедур, охватывающее потенциалы производства, снабжения, подготовки продукции и потребления, то есть в итоге появится электронная интегрированная логистика.

Следует заметить, что отечественная наука также внесла значительную лепту в развитие логистики. Но советские разработчики производственных планов и государственных программ, используя методологию и прикладные методы построения сложных экономических и, в том числе, материалопродводящих систем, развивая концептуальный и математический аппараты, термин «логистика» не употребляли. Использовались термины «планирование производственно-хозяйственной деятельности», «управление запасами» и пр.

В качестве условных синонимов термина логистика использовались такие термины, как «управление материалами», «тотальное распределение», «рохрематика», «физическое распределение» и т.п. Физическое распределение используется параллельно с термином логистика и по сей день. /5/

В настоящее время имеет место многообразие определений понятия логистики. Анализ зарубежной и отечественной экономической литературы показал, что сегодня в основном под логистикой понимают:

- 1) новое направление в организации движения грузов;
- 2) теорию планирования различных потоков в человеко-машинных системах;
- 3) интеграцию перевозочного и производственного процессов;
- 4) эффективное движение готовой продукции от места производства до места потребления;
- 5) науку о рациональной организации производства и распределения;

6) основную функцию управления и контроля материалов как внутри фирмы, так и вне ее;

7) теорию и практику по координации складирования и транспортного обслуживания;

8) организационно-экономический аспект взаимодействия органов управления материально-техническим обеспечением и транспортом;

9) планирование, внедрение и наблюдение за высоким уровнем сырьевого потока, запасами незавершенного производства и конечной продукции от ее производства до потребления;

10) научно-практическое направление совершенствования инфраструктуры общественного производства;

11) обеспечение и сохранение вспомогательных средств для поддержки целей, планов и операций;

12) новое научное направление, связанное с разработкой рациональных методов управления материальными и информационными потоками;

13) ряд отраслей народного хозяйства страны, науки и техники, которые занимаются рациональным распределением грузов, организацией грузопотоков, включая информационное обеспечение и т.д.

Несмотря на определенные различия, в перечисленных определениях содержится ряд управленческих, экономических, финансово-организационных и других аспектов, через призму которых рассматривается логистика. При этом всю совокупность определений логистики можно разделить на две группы.

Определения первой группы сводятся к пониманию логистики как к хозяйственной деятельности, заключающейся в управлении материальными потоками в сферах производства и обращения. Данная группа характеризуется функциональным подходом к товародвижению.

Вторая группа характеризуется более широким подходом и определяет логистику как междисциплинарное научное направление, непосредственно связанное с поиском новых возможностей повышения эффективности материальных потоков. Помимо управления операциями товародвижения в данном случае также учитывается анализ рынка поставщиков и потребителей, координация спроса и предложения на рынке товаров и услуг, гармонизация интересов участников процесса товародвижения.

Вместе с тем наличие большого количества разнообразных определений этой динамично развивающейся области знаний и практики во многих случаях связано с некорректностью, неполнотой, излишней обобщенностью или даже эклектичностью трактовок некоторых авторов: одни видят в логистике углубление сущности, другие — панацею, третьи — механическое, чисто поверхностное приспособление своих прошлых знаний и умений к новому, «модному» понятию [1].

Одно из наиболее емких определений понятия логистики дано Советом логистического менеджмента США: логистика есть процесс планирования, управления и контроля эффективного (с точки зрения снижения затрат) потока запасов сырья, материалов, незавершенного производства, готовой продукции, услуг и сопутствующей информации от места возникновения этого потока до места его потребления (включая импорт, экспорт, внутренние и внешние перемещения) для целей полного удовлетворения запросов потребителей [6].

Также весьма продуктивным является определение логистики, которое дано в учебном пособии под ред. профессора Б.А. Аникина: логистика – это наука о планировании, организации, управлении, контроле и регулировании движения материальных, информационных и финансовых потоков в пространстве и во времени от их первичного источника до конечного потребителя [7].

Принципиальное отличие логистического подхода к управлению материальными потоками от традиционного состоит в интеграции отдельных материалопроводящих элементов в единую систему, способную адекватно реагировать на изменения факторов внешней экономической среды, в интеграций техники, технологии, экономики, методов планирования и управления потоками. Логистический подход предполагает комплексное решение задачи и включает в себя элементы экономики, технологии, техники и математики. Выделяют три несущих столпа логистики: техника, информатика и экономика, состоящая из экономики народного хозяйства и экономики и организации производства. Возможности по оптимизации этих трех научных дисциплин в логистике соединены в единой оптимизационной модели, которая связывает вместе технический, информационный и экономический оптимумы [8].

Логистика – быстроразвивающаяся наука, но пока в ней еще много неизученного, распознанного не в полной мере, находящегося в стадии изучения. На современном этапе немалое число вопросов в логистике удалось только сформулировать и поставить для разработки. В России подготовка специалистов по специальности 062200 «Логистика» начала проводиться всего с 2000 года [6]. В Беларуси специальность «Логистика» появится в 2004 году впервые [9]. Существует мнение, что XXI век будет веком логистики. Не исключено, что это мнение справедливо.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голиков Е.А. Маркетинг и логистика: Учебное пособие. — М.: «Дашков и К», 1999. — 412 с.
2. Пурлик В.М. Рынок инвестиционных товаров и логистика. Монография. — М.: Межд. универ. бизн. и упр-я, 1997. — 192 с.
3. В. Николайчук Логистика. Краткий курс. — СПб: Питер, 2002. — 160 с.
4. Чертовской В.Д. Производственная логистика. Мн., 1996. — 82 с.
5. Родни-

ков А.Н. Логистика: Терминологический словарь. 2-е изд. — М.: ИНФРА-М, 2000. — 352 с. 6. [www.madi.ru/logistics](http://www.madi.ru/logistics). 7. Логистика: Учебник / Под ред. Б.А. Аникина: 3-е изд. — М.: ИНФРА-М, 2002. — 368 с. 8. H. Witte Allgemeine Betriebswirtschaftslehre 6. — Hrsg.: Fachbereich Wirtschaft der Fachhochschule Osnabrück, 1997. — 198 s. 9. Я б в логистики пошел — где меня научат? // Комсомольская правда, — 22.01.2004. — № 12 (23199). — С.10.

УДК 65.016.8 + 658.155

С.Н. Матвеева

## ПРОГРАММА АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ: НЕОБХОДИМОСТЬ, КОНЦЕПЦИИ, ЭЛЕМЕНТЫ И ЭТАПЫ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Кризисное состояние отдельных предприятий в условиях рынка естественно: не все способны выдержать конкуренцию. В Японии, например, ежемесячно около 3 тыс. малых и средних предприятий прекращают свою деятельность на рынке, примерно столько же появляется новых. По данным информационного агентства Creditreform (2003 г.), в Европе в 2002 г. имело место 150275 банкротств (более чем 10% рост по сравнению с 2001 г.). Если прибавить к этому банкротства частных лиц, то показатель составил 240977 банкротств, или на 21,7% больше, чем в 2001 г. Такая проблема наблюдается и в РБ. Согласно данным Министерства статистики (табл. 1) в республике наблюдается в целом скачкообразное увеличение доли убыточных субъектов хозяйствования:

Таблица 1

### Удельный вес убыточных предприятий

| Период         | Доля, % |
|----------------|---------|
| Январь 2001 г. | 41,6    |
| Июль 2001 г.   | 36,3    |
| Январь 2002 г. | 46      |
| Июль 2002 г.   | 35,6    |
| Январь 2003 г. | 48,4    |
| Июль 2003 г.   | 40,6    |
| Ноябрь 2003 г. | 34      |

Исследование предприятий промышленности по Брестской области представлено на рис. 1. Анализ в разрезе отраслей показывает, что большое число убыточных предприятий наблюдается в легкой промышленности (значительный рост доли за исследуемый период). Аналогичная тенденция прослеживается и у предприятий пищевой промышленности. Доля убыточных субъектов хозяйствования, относящихся к машиностроению и металлообработке, увеличивается очень незначительно по сравнению с другими отраслями. Необходимо учесть, что именно этой промышленности принадлежит значительное число предприятий области (28% на янв. 04). На 01.01.04 наблюдается снижение количества и доли убыточных предприятий в целом по промышленности, а также по представленным ее отраслям. Но на фоне этого снижения лесная и деревообрабатывающая промышленность имеет тенденцию к росту убыточных предприятий.

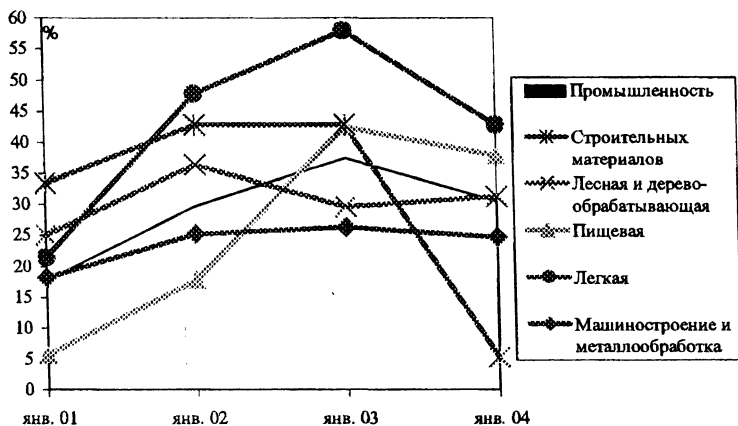


Рис. 1. Удельный вес убыточных предприятий в разрезе отраслей промышленности по Брестской области

Исправить сложившуюся ситуацию можно попытаться при внедрении радикальных мер, которые будут способствовать оздоровлению предприятий. Требуется сложная и многогранная система управления как экономикой в целом, так и каждым предприятием в отдельности с учетом его специфики.

Антикризисное управление (АУ) — это обобщающая категория системы управления, специфические свойства которой начинают более ярко проявляться с момента возникновения проблемности (кризисности) в экономическом положении хозяйствующих структур.

Кризисная ситуация, как правило, характеризуется признаками:

- наличие угроз неплатежеспособности и банкротства;
- неожиданные причины, препятствующие основным менеджерам фирмы нормально функционировать;
- забастовка работников или ее угроза;
- потеря основного или значимого потребителя, сегмента рынка;
- банкротство ключевого поставщика или задержка крупных поставок;
- неплатежи важнейших потребителей;
- выявление серьезных дефектов продукта, что повлекло его отзыв с рынка;
- выявление нечестной деятельности, представляющей опасность для целостности организации и др.

Способом решения подобных проблем или устранения самой возможности их возникновения является реструктуризация предприятия или глобальный пересмотр ведения бизнеса хозяйствующим субъектом, проводимые на основе тщательно разработанному плану стратегии. Однако эти мероприятия в полном объеме необходимо проводить лишь при первых признаках надвигающегося кризиса (на первой, максимум — второй фазах), тогда как в юне «приближающегося» банкротства ни времени и ни средств на них не имеется. Значит, перед предприятием, которое стремится выйти из кризиса, стоят две **главные задачи**:

1. Устранить последствия кризиса — восстановить платежеспособность и стимулировать финансовое положение субъекта хозяйствования (краткосрочные мероприятия).

2. Ликвидировать причины кризиса — разработать стратегию развития и провести ее на основе мероприятия по коренному пересмотру ведения бизнеса на предприятии с целью недопущения повторения кризисных явлений в будущем (долгосрочные работы).

Однако и тут имеются противоречивые мнения. Одни авторы считают, что реструктуризация и реинжиниринг применяются, как правило, в «нормальных» условиях управления, а антикризисное управление, главным образом, направлено на восстановление платежеспособности предприятия. Сроки ее осуществления для субъектов хозяйствования, находящихся в зоне «приближающегося» банкротства, крайне ограничены, т. к. резервных фондов уже нет, а финансовые поступления извне исключены. Именно в этом находит отражение основное отличие антикризисного управления от обычного, т. е. это смена критериев принятия решений: в обычном режиме критерием является достижение стратегических целей развития в долгосрочном аспекте и максимизация прибыли в краткосрочном.

При переходе предприятия в кризисное состояние долгосрочный аспект теряет свою актуальность (его просто нет), а в краткосрочном аспекте критерием становится максимизация или экономия денежных средств любой ценой.

Другие авторы считают наоборот. Они не сводят антикризисное управление к чисто финансовому менеджменту, т. к. убеждены, что совокупность краткосрочных и долгосрочных мероприятий представляют собой управление в условиях кризиса. Финансы явно отражают конечную стадию длительного развития кризисной ситуации, которая завершается банкротством предприятия, если не предпринять «пожарных» мер. Устранение кризиса должно осуществляться в направлении противоположном его развитию. Корень проблем всегда кроется глубоко, в первую очередь, в самой организации бизнеса на предприятии, а внешнее отражение кризиса находит в финансах.

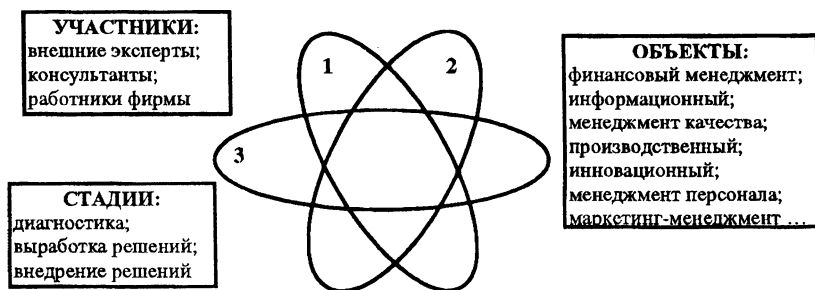


Рис. 2. Основные элементы программы антикризисного управления

**Основными элементами** антикризисной программы являются (рис. 2):

1. Участники (команда) по антикризисному управлению.
2. Объекты антикризисного управления.
3. Стадии антикризисного управления.

**Программа антикризисного управления** для каждого конкретного предприятия сугубо индивидуальна, т. к. не существует двух одинаковых субъектов хозяйствования с одними и теми же проблемами. Реализация программы будет иметь свои особые черты для каждого конкретного случая. Но можно выделить общие этапы программы антикризисного управления, которые позволят последовательно приблизиться к намеченной цели (работоспособности предприятия) путем решения двух первоочередных задач, обозначенных ранее (рис. 3).



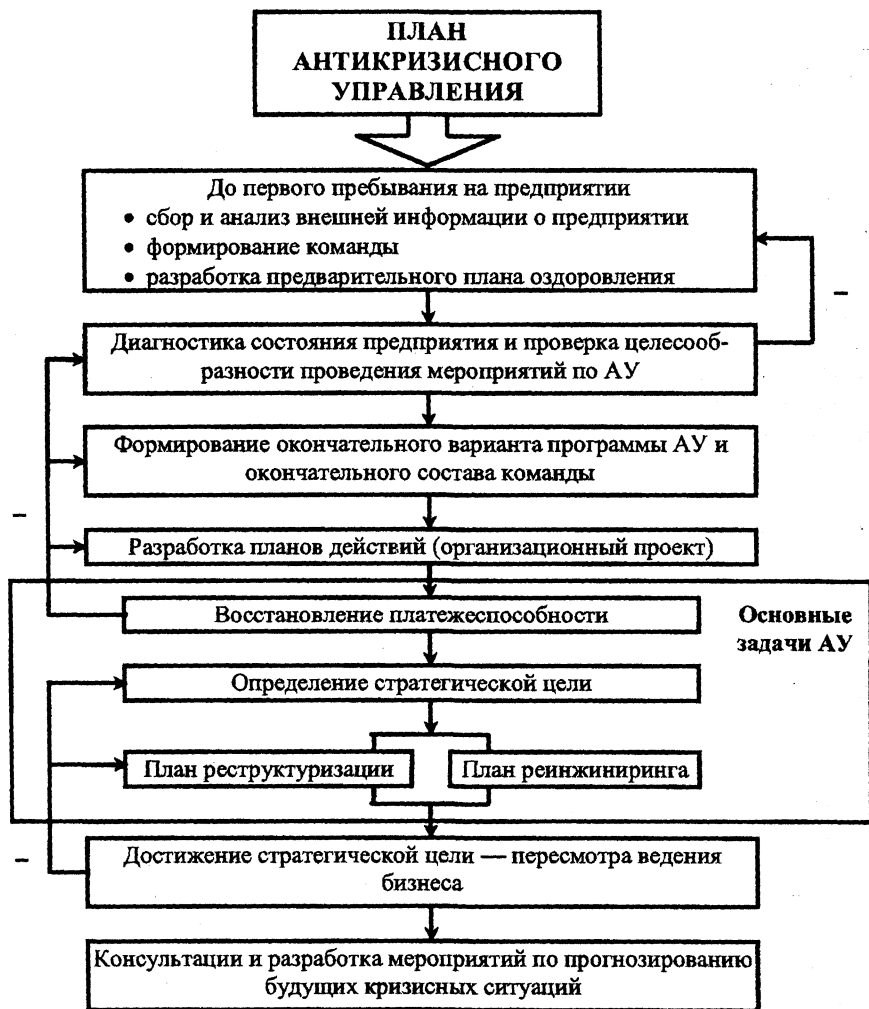


Рис. 3. Последовательность этапов реализации плана антикризисного управления

Считается, что если на предприятии, которое находится в кризисной ситуации, наблюдается острая нехватка денежных средств, для разработки и внедрения программы антикризисного управления необходимо участие специально подобранной команды участников извне. Это обусловлено главным

образом тем, что эта команда сможет реально и объективно оценить положение дел на предприятии, выделить положительные и негативные моменты ведения бизнеса.

До самого первого пребывания на предприятии команда специалистов получает первоначальную информацию о состоянии дел «большого» из внешних источников, чтобы ответить на вопрос: будет ли иметь программа антикризисного управления для предприятия успех или не стоит тратить силы и есть возможность продать предприятие или его ликвидировать. На этой стадии проводятся предварительные маркетинговые исследования внешнего окружения предприятия.

Следующий этап — диагностика состояния предприятия и проверка целесообразности проведения мероприятий по антикризисному управлению. Необходимо отметить, что выявить реальную картину состояния предприятия можно лишь при наличии допуска к внутренней информации предприятия и интервью с сотрудниками. Как показывает практика, данные, указанные в бухгалтерской отчетности, не отражают всю картину положения дел на предприятии. Работники организации видят проблему «изнутри»: они знают, какую информацию можно показать, а какая скрыта, и как ее можно найти. Диагностика должна раскрыть причины кризиса, его стадию и масштабы, что должно быть толчком для разработки и принятия правильных антикризисных процедур, когда обозначены внутренние проблемы. Благодаря диагностике состояния объекта оздоровления формируется окончательный вариант программы антикризисного управления, а также и состав команды, которая уже может включать не только привлеченных со стороны лиц, но и сотрудников предприятия.

Четвертый этап — разработка планов действий: организации работ, график их реализации, расчет затрат и эффективности, оценка рисков, ответственные и исполнители и т. д. Затем начинается реализация самой программы управления.

Таким образом, внедрение и успешная реализация программы антикризисного управления должны быть основаны на эффективном использовании имеющегося потенциала предприятия, невзирая на серьезные колебания рыночной конъюнктуры.

## ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ РЫНКА

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Установление цен на идеи, изобретения, технологии и другую научно-техническую продукцию является одним из наиболее сложных элементов сделки. Ценообразование в этой области осложняется тем, что идеи могут ещё не иметь адекватного материального выражения. Практическое использование их, как правило, требует значительных финансовых вложений. Кроме того, будущая рентабельность неизвестна, да и вообще проблематична. Как ни трудно предсказуема ситуация с использованием идей, рыночная ситуация ещё более непонятна. Спрос на новый продукт может быть загадкой, размеры рынка неизвестны. Тем не менее, несмотря на данные трудности, продавец и покупатель должны достичь соглашения, установив приемлемую для обоих цену.

Наиболее простой путь, который позволяет справиться с эффектом неопределённости, заключается в том, чтобы установить цену в процентах от объёма продаж или эффекта использования идей, т.е. определить ставку роялти. Этот метод позволяет продавцу и покупателю нести совместный риск и совместно участвовать в прибылях от реализации проекта.

Основной вопрос, который надо решить при определении ставок, заключается не в том, сколько получит продавец (лицензиар) за свою продукцию, а в том, насколько выгодно её применение покупателю (лицензиату). Иными словами, проблема состоит не в том, сколько стоит технология, а в том сколько за неё готовы заплатить. Иногда к оценке стоимости технологии пытаются подойти с точки зрения затрат лицензиара на её разработку или возможных затрат лицензиата на создание альтернативной технологии. Такой подход нельзя признать продуктивным. Заинтересованность лицензиата в покупке технологии проистекает не из затрат лицензиара, а из выгоды, которую эта сделка принесёт ему. Поэтому определять роялти (цену на технологию) наиболее целесообразно исходя из доли лицензиара в прибыли лицензиата, т.е. оплата лицензии должна производиться исходя из предполагаемого конечного результата её использования. Формирование ставок роялти обычно происходит по формуле, зависящей от цены продаж или выручки. Так, в

случае, если нам известна продажная цена товара, ставка роялти (R) определяется следующим образом:

$$R=(\Pi_{LR}/P)*100,$$

где  $\Pi_{LR}$  — прибыль лицензиара; P — продажная цена товара.  
Данное выражение можно преобразовать:

$$R=(\Pi_{LR}/\Pi_{LT})*(\Pi_{LT}/P)*100 \text{ или } R=d*r*100,$$

где  $\Pi_{LT}$  — прибыль лицензиата; d — доля лицензиара в прибыли лицензиата; r — рентабельность продаж в десятичной форме.

Таким образом, лицензиат, который может определить свою предполагаемую прибыль на единицу проданного товара, сможет рассчитать долю лицензиара в своей прибыли при любой предлагаемой ему ставке роялти.

Например, если лицензиар претендует на 20% прибыли от продаж продукта ценой 8 млн.руб. при прибыли 2 млн.руб., то он потребует 5% роялти:

$$R=d*r*100=(20/100)*(2/8)*100=5\%.$$

Наоборот, если лицензиат не готов отдать лицензиару больше 10% своей прибыли, он назначит роялти в 2,5%:

$$R=d*r*100=(10/100)*(2/8)*100=2,5\%.$$

Мы рассмотрели тот случай, когда товар, его цена и прибыль легко определяемы. Для некоторых технологических процессов подобное может быть проблематичным. Например, замена катализатора в химическом процессе может уменьшить затраты сырья. В этом случае для определения роялти следует использовать данные о снижении себестоимости. Так, для установки новой катализной системы требуется 500 млн.руб. единовременных инвестиций и 100 млн.руб. ежегодно на закупку катализатора. При этом экономия сырья в годовом исчислении достигает 300 млн.руб. Сколько может стоить такая технология? Возможный размер роялти легко посчитать. Для этого исчисляются дополнительные годовые затраты как сумма увеличения амортизации и расходов на закупку катализатора (при 10% норме амортизации они составят 150 млн.руб.). Однако экономия от внедрения нового процесса в два раза больше, поэтому дополнительная прибыль составит 150 млн.руб. Лицензиар может запросить до 50% данной суммы в виде роялти.

Лицензиары зачастую предпочитают выражать роялти в виде паушальной суммы или её комбинации и ставки роялти. Паушальная сумма — это единовременный платёж до получения дополнительной прибыли от использования научно-технической продукции. Возмещение цены продук-

ции в виде паушальной суммы представляет собой лишь капитализацию роялти, т.е. его досрочную единовременную выплату. Базой паушального платежа остаётся ежегодная дополнительная прибыль лицензиата. Перевод ставки роялти в паушальную сумму осуществляется с помощью формул приведенных выше. Однако в реальных условиях такой подход затруднён из-за инфляции и неопределённости показателя рентабельности продаж. Поэтому обычно используется концепция чистой приведенной стоимости. Она заключается в оценке будущих доходов с позиции текущей стоимости денег. При этом определить паушальные платежи (VP) можно по формуле:

$$VP = \sum_{i=1}^T \frac{VP_i}{(1 + r_i)^i},$$

где  $VP_i$  — текущие выплаты в  $t$ -м году;  $r_i$  — реальная процентная ставка в  $t$ -м году в десятичной форме;  $t$  — текущий год;  $T$  — число лет использования результатов, содержащихся в научно-технической продукции.

Паушальная сумма является альтернативой текущей оплаты. Однако, несмотря на то, что обе эти формы и математически и концептуально одинаковы, их преимущества и недостатки различны.

Оплата паушальной суммой несёт в себе следующие преимущества:

- оплата производится до получения результата, что исключает влияние непредвиденных факторов на сумму платежа;
- бремя риска ложится на лицензиата.

Недостатки:

- лицензиар не контролирует последующие коммерческие операции лицензиата;

- непредвиденное повышение цен не повышает размер выплат;

- паушальная сумма, как правило, ниже приведенных роялти, т.к. всё бремя риска берёт на себя лицензиат.

Преимущества текущей ставки:

- возможна текущая дифференциация ставок роялти в зависимости от текущих условий;

- текущая ставка в любой момент может быть с согласия лицензиата преобразована в паушальную сумму;

- повышение цен в результате инфляции или регулирующей политики властей приводит к повышению выплат без каких-либо усилий со стороны лицензиара.

Недостатки:

- бремя риска ложится и на лицензиара;

— доход лицензиата за период контракта невозможно определить с необходимой точностью.

В заключении, для наглядности и обобщения, предлагаемую методику представим в виде схемы (рис. 1).

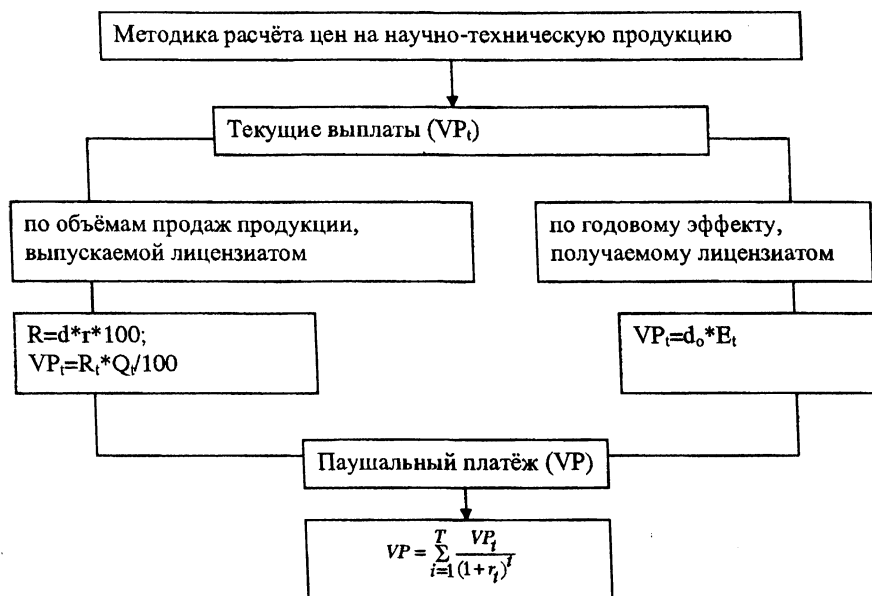


Рис. 1. Схема ценообразования научно-технической продукции:

$R$  — ставка роялти;  $d$  — доля лицензиара в прибыли лицензиата;  
 $r$  — рентабельность продаж;  $Q_t$  — объём продаж;  $d_o$  — доля отчислений лицензиару;  $E_t$  — годовой эффект;  $r_t$  — реальная процентная ставка;  
 $t$  — текущий год;  $T$  — число лет использования результатов, содержащихся в научно-технической продукции

## ЛИТЕРАТУРА

1. Предпринимательство: маркетинг и цены: Учеб. пособие / В.И. Видяпин, Т.П. Данько, В.А. Слепов, Б.В. Попов. — М.: Изд-во Рос. экон. акад., 1992. — 130 с.
2. Олехнович Г.И. Интеллектуальная собственность и проблемы ее коммерциализации. — Минск: Амалфея, 2003. — 128 с.

## ЛОГИСТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Эффективность экономики как системы хозяйствования в значительной мере обуславливается выпуском новой, конкурентоспособной продукцией. Поэтому возникает постоянная необходимость обновления ассортимента продукции, технологий и оборудования.

В настоящее время осуществление инноваций входит в компетенцию непосредственно предприятий, и является составной частью их производственно-коммерческой деятельности. На инновациях стоятся коммерческий успех и устойчивое состояние предприятия за счет (как следствие) выпуска конкурентоспособной продукции. Инновационная деятельность — это сложная и многоаспектная задача, так как она требует решения ряда вопросов конструкторско-технологического, организационного и экономического характера.

Для осуществления инноваций разрабатываются инвестиционные проекты, бизнес-планы, с целью снижения так называемого предпринимательского риска. Тем не менее, уровень их обоснованности, как показывает практика, не всегда удовлетворяет требованиям потенциальных кредиторов и инвесторов. Поэтому для повышения уровня обоснования инноваций необходимо расширять научную базу и, как показывает опыт развитых зарубежных стран, путем широкого использования принципов и методов логистики.

Следует отметить, что сам термин «логистика» обозначился еще в начале 19 века и являлся известным только узкому кругу военных специалистов, так как логистика, до 50 годов, формировалась и развивалась как наука тыла и снабжения. В развитых странах Европы и США с середины 50 годов логистика стала использоваться и для гражданских целей как самостоятельное научное направление.

Под логистической системой зачастую понимается множество материальных и порождаемых ими потоков в пределах конкретного предприятия. Важным свойством этой системы, является то, что материальный поток по мере своего продвижения из исходных материалов преобразуется в готовую продукцию.

Любая логистическая система состоит из соответствующих логистических звеньев, под каждым из которых понимается экономически и функцио-

нально обособленный объект не подлежащий дальнейшей декомпозиции в рамках поставленной задачи. С позиции кибернетики логистическое звено может быть рассмотрено как преобразователь потоков (рис. 1).

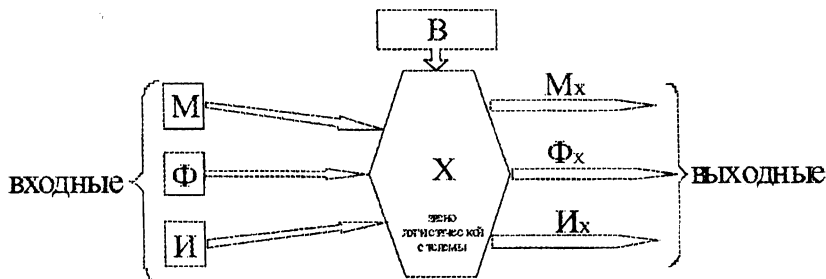


Рис. 1. Схема звена логистической системы в виде преобразователя потоков

На входе и выходе логистического звена могут иметь место ряд входных и выходных потоков. Вектор (В) отражает влияние внешней среды а вектор (х) внутреннее состояние.

Структура входных потоков включает :

М — входной материальный поток (материальные ресурсы);

И — входной информационный поток (информация о поставщиках, исходных ресурсах, конъюнктуре рынка закупок);

Ф — входной финансовый поток (денежные ресурсы потребителей).

В свою очередь выходной поток включает:

— выходной материальный поток (произведенная продукция);

— выходной информационный поток (информация о реализуемой продукции, рекламе);

— выходной финансовый поток.

Влияние внешней среды (В) определяется  $n$  - мерным фактором характеризуемым, работой транспорта, взаимодействием банков, с системой налогообложения, с органами сертификации, с таможенной, с органами власти... и т.д.

Внутреннее состояние системы (X) характеризуется  $m$  - мерным вектором, представляющим собой экономические, финансовые и другие показатели деятельности предприятия.

В реальности представленные потоки обладают гораздо более сложной и многокомплектной структурой. На машиностроительном предприятии входной поток включает в себя несколько тысяч позиций различной номенклатуры. В производственной практике потребляемые ресурсы объединяются в



следующие группы: сырье, основные материалы, вспомогательные материалы, комплектующие изделия, полуфабрикаты, различные виды топлива. Выходной материальный поток включает реализуемую готовую продукцию соответствующего ассортимента. Информационные входящие – выходящие потоки включают сведения не только об исходных материальных ресурсах, поставщиках, потребителях, готовой продукции, но и различного рода данные о деловых контактах.

Предприятие, как логистическую систему можно представить в следующей схеме (рис. 2).

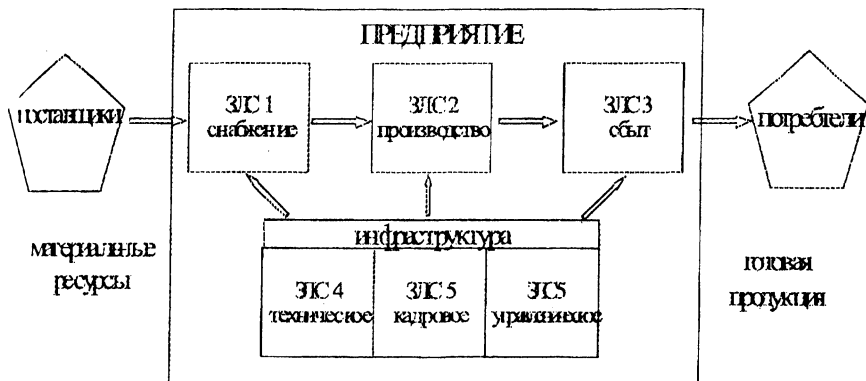


Рис. 2. Укрупненная схема логистической модели предприятия

Производственное предприятие, исходя из выше приведенной схемы, состоит из шести звеньев. Рассмотрим подробнее содержание каждого из них.

**Снабжение** (звено 1) — содержит плановые работы по материально-техническому обеспечению, формирует цены для закупок ресурсов, осуществляет транспортировку и погрузочно-разгрузочные работы, управляет запасами и складированием, подготавливает материальные ресурсы к производственному потреблению, осуществляет сбор отходов производства и возвратной тары.

**Производство** (звено 2) — осуществляет внутрипроизводственную транспортировку, управляет запасами незавершенного производства, обеспечивает стандарты качества, осуществляет сборку готовой продукции, проводит испытания и технический контроль

**Сбыт** (звено 3) — планирует сбыт продукции, формирует цены предложения, управляет процедурами заказов, осуществляет выходной коммерческий контроль, упаковку, экспедицию, отгрузку, транспортировку, складиро-

вание продукции, управляет сбытовыми запасами, оказывает сервисные услуги, проводит послепродажное обслуживание.

**Техническое** (звено 4) — включает в себя энергетические цепи, здания и сооружения, подъездные пути, транспортные средства, подъемно-транспортное оборудование коммуникации, ремонтное оборудование и вспомогательные механизмы.

**Кадровое** (звено 5) — комплекзует кадры, осуществляет обучение и переподготовку персонала, проводит аттестацию, обеспечивает безопасные условия труда, режим труда и отдыха, бытовое обслуживание персонала, оздоровительные мероприятия, содержит детские и культурные учреждения а также жилищно-коммунальное хозяйство.

**Управленческое** (звено 6) — в свою структуру включает планово-экономическую сферу, бухгалтерский учет и аудит, финансовый менеджмент, маркетинговую службу, правовое обслуживание.

Управление входными и выходными материальными потоками сводятся к следующим основным целевым функциям оптимизации: минимизация издержек производства и материальных затрат в звене снабжения; максимизация валового дохода от реализации готовой продукции. С позиции логистики эффективность функционирования всей системы определяет входной поток. Исходные материальные ресурсы в производстве определяются не только затратами на закупку но и затратами на энергетические и трудовые ресурсы. В логистике разработаны различные стратегии и тактики закупок, среди которых следует выделить: закупки точно по потреблению, поставки по системе KONBAN (точно в срок) формирование цены спроса на базе функционально-ценового анализа, сервисное сопровождение поставок и т.д. Скорость выходного потока должна соответствовать скорости входного потока, а их соотношение определяет величину производственного и сбытового запасов. Именно поэтому сбыт требует всесторонней и своевременной маркетинговой поддержки.

Внутрипроизводственная логистика включает в себя целый комплекс управляющих воздействий на внутренние потоки в процессе незавершенного производства. Она характеризуется следующими свойствами:

- внутрипроизводственные потоки строго локализованы в производственных границах данного предприятия;
- траектория внутрипроизводственных потоков определяется технологическими маршрутами;
- материальный поток перемещается не только в пространстве, но в нем одновременно происходят внутренние изменения обусловленные технологическими воздействиями;

— параметры внутрипроизводственных потоков характеризуются высоким уровнем определенности (детерминация).

Внутрипроизводственная логистика связывает между собой звенья снабжения и сбыта.

Частью логистической системы управления материальными ресурсами представляет собой сбыт, где управляемым процессом является реализация готовой продукции. Он формирует выходящий поток материальных ресурсов, и находится в симметричном отношении к снабжению. Кроме того, сбыт является источником финансовых средств для закупок исходных материальных ресурсов. Если для снабжения, основной задачей является задача выбора и достижения максимальной выгоды при закупках в условиях финансовых ограничений, то для сбыта главной является проблема реализации продукции и получения максимальной выручки в условиях жесткой конкуренции и ограниченной платежеспособности потребителей. Поэтому для устойчивого сбыта требуется следующая маркетинговая поддержка:

— проведение маркетинговых исследований для вывода продукции и освоения новых рынков;

— отслеживание жизненного цикла выпускаемой продукции с целью ее своевременной замены на новую;

— изучение емкости рынка данной продукции;

— сегментация рынка сбыта;

— проведение рекламной деятельности;

— формирование спроса на реализуемую продукцию;

— выявление потенциальных потребителей данной продукции.

Следует указать на различия между логистикой и маркетингом в условиях производственной деятельности предприятия. Так, если логистика оперирует как с реальными материальными потоками, так и связанной с ними информацией, то маркетинг имеет дело только лишь с информационной деятельностью. Поэтому маркетинг следует отнести к составляющей коммерческой логистики. Он отвечает на основной вопрос производства — что производить, какая продукция необходима для рынка. Для синтеза логистической системы предприятия необходимо решение следующих внутрипроизводственных задач:

— оперативно-календарно планирование с указанием момента запуска материала в производства (система KONBAN);

— оперативно-календарное планирование выпуска готовой продукции;

— оперативное регулирование технологических процессов;

— оперативное регулирование поставок исходных материальных ресурсов;

- обоснование цеховых заделов-запасов незавершенного производства для обеспечения непрерывности продвижения потока;
- организация внутрипроизводственного складского хозяйства;
- организация работы технологического транспорта;
- нормирование и регламентация расходов материальных ресурсов;
- управление производственными и сбытовыми запасами;
- нормирование и регламентация расхода ресурсов;
- контроль качества на технологических маршрутах материальных потоках — входной, промежуточный и выходной контроль;
- информационное обеспечение продвижения материальных потоков;
- техническое обслуживание и ремонт оборудования для обеспечения надежности и непрерывности продвижения материальных потоков;
- компьютеризация управления материальными потоками;
- мониторинг материальных, трудовых и энергетических затрат по всей цепи продвижения внутрипроизводственных потоков.

Таким образом в современных рыночных условиях производственно-хозяйственная деятельность предприятия должна основываться на принципах и методах логистики. На их основе осуществляется управление материальным потоком от получения исходных ресурсов до реализации готовой продукции. В структуре действующих промышленных предприятий имеются подразделения способные взять на себя выполнение логистических функций. К ним относятся отдел снабжения, планово-производственный отдел, диспетчерский отдел, отдел сбыта... и т.д. Особо важна роль логистики в инновационной деятельности предприятия так как инновации должны осуществляться на новых, современных принципах, обеспечивающих выпуск конкурентоспособной продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

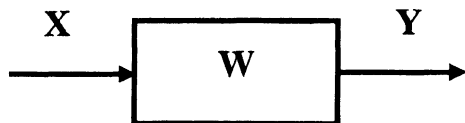
1. Гаджинский А.М. Логистика. – М.: Маркетинг, 2001. — 392 с. 2. Похабов В.И., Гриневич М.Н. Темичев А.М. Логистика. — Мн.: ВУЗ ЮНИТИ, 2001. — 220 с.

## ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь*

Повышение конкурентоспособности продукции и производственных систем имеет важное значение, как для производителей, так и для национальной экономики в целом. Перед авторами статьи стояли две задачи: во-первых, разработать методический подход к оценке конкурентоспособности машиностроительной продукции, во вторых, на его основе определить направления повышения конкурентоспособности производственных систем.

Одним из показателей, характеризующих конкурентоспособность производственной системы машиностроительного предприятия может выступать критерий эффективности производственной системы. Моделируя производственную систему «черным ящиком» (рис. 1), для оценки ее эффективности, а, следовательно, и конкурентоспособности, удобно анализировать характеристику превращения  $W$  входной координаты  $X$  «двухполосника» в его выходную координату  $Y$ .



*Рис. 1. Производственная система как «черный ящик»*

Переменная  $X$  интерпретируется как текущие ресурсы (сырьевые, энергетические, трудовые), необходимые для функционирования производства в заданном режиме. Переменная  $Y$  представляет собой объем готовой продукции, выпускаемой в определенный период времени. Тогда передаточная функция  $W = Y / X$  идентифицирует отношение выпуска (в стоимостном выражении) к текущим затратам — т.е. частный показатель эффективности функционирования производства.

Если рассматривать  $Y$  как «результат производства», а  $X$  как часть «затрат на реализацию действий» (технологии) по его получению, то  $W = Y / X$  в праксеологическом смысле характеризует «экономичность результата» [1, 2].

Разность этих же переменных  $\Delta = Y - X$  представляет собой «полезность результата» и праксеологически определяет качество функционирования системы производства по превращению ресурсов в конечную продукцию. Это превращение возможно в решающей степени благодаря наличию и эксплуатации технической (инфра)структуры производственной системы — основных производственных фондов. Поэтому комплексный праксеологический показатель с необходимостью должен включать стоимостную характеристику их приобретения и технического обслуживания. Таким образом, предлагаемый критерий конкурентоспособности производственной системы окончательно имеет вид:

$$K_{\Pi} = \frac{D - Z_T}{Z_{\Phi}}, \quad (1)$$

где  $D$  — объем выпуска продукции в течение планируемого периода эксплуатации производственной системы;  $Z_T$  — совокупные текущие затраты на ресурсы за тот же период;  $Z_{\Phi}$  — затраты на приобретение и обслуживание основных производственных фондов [3].

Отметим, что  $K_{\Pi}$  — это один из критериев конкурентоспособности ПС, наряду с возможными другими показателями (качество продукции, доля продукции на рынке, эффективность маркетинга, доля нерализованной продукции и др.)

На рис. 2 оказан общий характер изменения принятого показателя конкурентоспособности  $K_{\Pi}$  на протяжении жизненного цикла производственной системы.

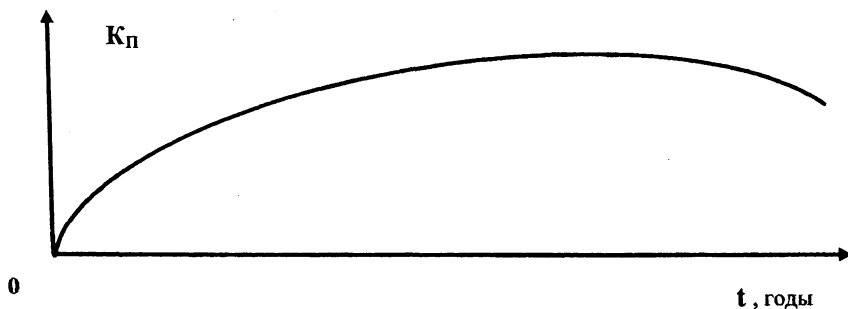


Рис. 2. Динамика изменения показателя конкурентоспособности

На стадии освоения новой продукции и комплексной подготовки ее производства показатель конкурентоспособности возрастает от «0» до некоторой величины, на которой его значение стабилизируется в течение длитель-

ного периода, характеризуемого нормальными условиями функционирования производственной системы по устоявшейся технологии. Со временем интенсивность деструктивных процессов в основных фондах возрастает, что приводит к увеличению затрат на поддержание в заданном состоянии, следовательно, показатель конкурентоспособности снижется при той же «полезности результата» в числителе выражения (1).

В теории технических систем существует понятие «идеальная система». Это «система, которой нет, а функция ее выполняется» [4]. Затраты на эксплуатацию подобной производственной системы обрацали бы знаменатель выражения (1) в «0», и показатель конкурентоспособности достигал бы сколь угодно большого значения. Наиболее полное повышение степени идеальности может быть реально достигнуто в компактной производственной системе [5]. Если суть идеальной системы кратко можно сформулировать так: «из ничего — требуемый полезный эффект», то компактная система — это отступление от идеальной на рубеж между «ничего лишнего» и «из лишнего — максимальную пользу» [6].

Функциональная компактность производственной системы (КПС) даже в условиях колебания рыночной конъюнктуры и соответствующих внутри-системных изменений обеспечивается за счет выделения инвариантного и адаптивного компонентов в ее технической структуре.

Детализируя схему (см. рис. 1) компактной системы до «серого ящика» (рис. 3), необходимо отметить на ней воздействующие на систему внешние возмущения — изменения потока заказов  $f$ . Эти изменения воспринимаются адаптивным компонентом системы и компенсируются в нем:  $f - f = 0$ , так что основная (инвариантная) часть производственной структуры ритмично функционирует в нормальном заданном режиме.

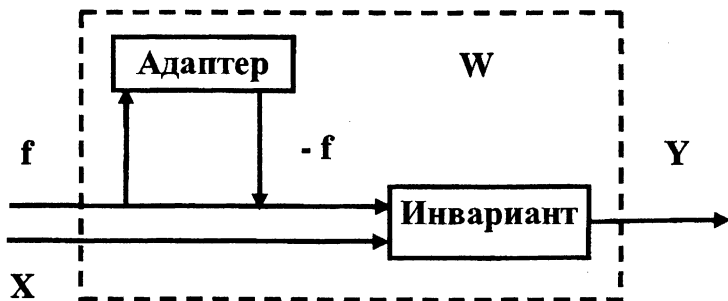


Рис. 3. КПС как «серый ящик»

Организация компактного (ресурсонеизбыточного) производства осуществляется в системе коллективного интеллекта с использованием мультиагентных технологий [7] на основе следующих принципов [8]:

- строгое соответствие структуры КПС цели ее создания;
- рекурсивная декомпозиция иерархической структуры КПС;
- локализация функциональных инвариантов;
- функциональная достаточность компонентов КПС;
- оптимальное соотношение затрат на функциональный инвариант и лабильный компенсатор на каждом уровне иерархии КПС;
- эволюционный подход к решению задач развития и модернизации КПС;
- отображение этапов развития КПС в ее структуре.

Компактный метод организации производственной системы позволяет значительно повысить ее конкурентоспособность путем уменьшения вложений в основные фонды и сокращения расходов на их обслуживание в изменяющейся рыночной среде.

Второе направление повышения конкурентоспособности производственных систем — это создание конкурентоспособных кластеров.

*Кластер конкретного производителя*, на наш взгляд, — это группа предприятий, в центре которой расположены конкуренты — производители однородных товаров, а также сопряженные предприятия — поставщики средств производства, услуг, производители побочных продуктов, торговые организации, правительственные, общественные, образовательные организации, органы стандартизации и сертификации товаров.

Новый взгляд на производственные системы как на кластеры позволяет выявить источники конкурентных преимуществ, поскольку кластеры лучше, чем отрасли охватывают важные связи, взаимодополняемость между отраслями, распространение технологии, навыков, информации, маркетинг и осознание требований заказчиков по фирмам и отраслям [9].

Большинство участников кластера не конкурируют между собой непосредственно, поскольку они обслуживают разные сегменты. Рассмотрение группы предприятий и организаций как кластера позволяет выявить благоприятные возможности для координации действий и взаимного улучшения в областях общих интересов без угрозы конкуренции. В частности, кластеры способствуют установлению соглашений между родственными предприятиями, (например, совместные проекты по сбыту на зарубежных рынках, по продвижению своих товаров, совместным научным разработкам и др.), поставщиками, с правительством и другими институтами.

Кластеры способствуют повышению производительности труда, развитию новых сфер бизнеса, внедрению инноваций, что, в конечном счете, обес-



печивает повышение конкурентоспособности самого кластера и входящих в него производителей, а значит, и конкурентоспособности страны в целом. Это объясняет актуальность разработки механизмов создания и развития кластеров.

Основные предпосылки развития кластера можно сформулировать следующим образом: усиление конкуренции; законодательство, стимулирующее развитие предпринимательства; наличие связей и взаимодействия между субъектами кластера.

Инициаторами создания кластера должны быть правительство, предприятия и объединения, торговые организации, институты, т.е. все субъекты кластера. Направления стимулирования создания конкурентоспособных кластеров на уровне правительства можно сформулировать следующим образом.

1. Совершенствование макроэкономической политики.
2. Стимулирование развития конкуренции и предпринимательства.
3. Активизация инвестиционной деятельности.
4. Содействие техническому развитию кластеров.
5. Содействие развитию экспорта субъектов кластера.
6. Развитие информационных технологий для поддержки участников кластеров.
7. Стимулирование развития национальной системы электронной торговли с целью увеличению экспорта.
8. Развитие институциональных структур.

В создании и развитии кластеров должны участвовать также и непосредственно субъекты кластера, функции которых состоят в следующем:

- постоянное взаимодействие с правительственными структурами и местными учреждениями в разработке законодательных норм и их изменении, направленное на стимулирование инноваций;
- сотрудничество в совместном распространении информации: создание совместных web-сайтов, справочников участников кластера;
- совместный маркетинг посредством проведения торгово-промышленных выставок-ярмарок;
- совместное инвестирование в создание общей специализированной инфраструктуры;
- создание различных организационно-экономических форм сотрудничества с поставщиками;
- спонсирование специальных исследовательских центров в университетах;
- сбор кластерной информации через торговые объединения, ассоциации;

- поддержание связей с провайдерами инфраструктуры;
- совместная организация курсов по переподготовке и повышению квалификации менеджеров по вопросам законодательства, менеджмента, маркетинга, конкурентоспособности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаспарский В. Праксеологический анализ проектно-конструкторских разработок. — М.: Мир, 1971. — 172 с. 2. Котарбинский Т. Избранные произведения. — М.: Изд. ин. лит., 1963. — 911 с. 3. Свирский Д.Н. Критерий конкурентоспособности в оптимизационном синтезе производственных систем // Антикризисное управление и повышение конкурентоспособности экономики Республики Беларусь. — Мн.: БГУ, 2004. С. 284–287. 4. Голдовский Б.И., Вайнерман М.И. Рациональное творчество. — М.: Речной транспорт, 1990. — 120 с. 5. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития. — Новополоцк: ПГУ, 2002. — с. 6–38. 6. Свирский Д.Н. Компактная производственная система как объект автоматизированного проектирования. — Мн.: ИТК НАН Беларуси, 2000. — 48 с. 7. Кортез У., Сосновский О.А., Свирский Д.Н. Современные информационные сети. — Мн.: БГЭУ, 2003. — с. 122–137. 8. Svirsky D. Compact integrated system design modelling and its design process simulation // Proc. of 8<sup>th</sup> IFAC Symposium «Computer aided control systems design», Salford, 2000. 9. Портер М. Конкуренция. — М.: «Вильямс», 2002. — 496с.

УДК 630 (476)

С.Г. Тарелко

## СОСТОЯНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ ПО ГОМЕЛЬСКОМУ ПЛХО

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*



Основные средства являются одним из важнейших факторов любого производства. Их состояние и эффективное использование прямо влияет на конечные результаты хозяйственной деятельности предприятий.

Основные производственные фонды неоднородны, выполнение ими разнообразных функций и различное их целевое использование обусловили разделение основных фондов на разные группы. Промышленно-производственные фонды непосредственно связаны с производством продукции деревообработки и поэтому имеют наибольший удельный вес. Эффективность их использования по Гомельскому производственному лесохозяйственному объединению (ПЛХО) отражена в табл. 1.

Таблица 1

**Эффективность использования основных  
промышленно-производственных фондов по Гомельскому ПЛХО за 2002 г.**

| № п. п. | Наименование лесхозов | Товарная продукция в дейст. ценах | Прибыль | Стоимость ОППФ | Фондо-отдача | Фондо-емкость | Размер прибыли на рубль ОППФ |
|---------|-----------------------|-----------------------------------|---------|----------------|--------------|---------------|------------------------------|
| 1       | Б-Кошелевский         | 212246                            | 23582   | 168844         | 1,26         | 0,80          | 0,14                         |
| 2       | Василевичский         | 473826                            | 90153   | 509248         | 0,93         | 1,07          | 0,18                         |
| 3       | Гомельский            | 246216                            | 1138    | 188792         | 1,30         | 0,74          | 0,01                         |
| 4       | Ельский               | 276628                            | 21257   | 306597         | 0,90         | 1,11          | 0,07                         |
| 5       | Житковичский          | 401446                            | 32237   | 1358827        | 0,30         | 3,38          | 0,02                         |
| 6       | Жлобинский            | 314207                            | 90795   | 431162         | 0,73         | 1,37          | 0,21                         |
| 7       | Калинковичский        | 517632                            | 87958   | 932870         | 0,55         | 1,80          | 0,09                         |
| 8       | Комаринский           | 139872                            | 39087   | 186383         | 0,75         | 1,33          | 0,21                         |
| 9       | Лельчицкий            | 646161                            | 47143   | 2428210        | 0,27         | 3,75          | 0,02                         |
| 10      | Мозырский             | 375594                            | 49970   | 826469         | 0,45         | 2,20          | 0,06                         |
| 11      | Наровлянский          | 106505                            | 17997   | 709558         | 0,15         | 6,66          | 0,26                         |
| 12      | Октябрьский           | 262030                            | 77809   | 290728         | 0,90         | 1,11          | 0,27                         |
| 13      | Петриковский          | 409456                            | 16747   | 780991         | 0,52         | 1,91          | 0,02                         |
| 14      | Речицкий              | 147328                            | - 89    | 352719         | 0,42         | 2,39          | —                            |
| 15      | Рогачевский           | 323729                            | 107607  | 742620         | 0,44         | 2,29          | 0,14                         |
| 16      | Светлогорский         | 415720                            | 16150   | 565350         | 0,74         | 1,36          | 0,03                         |
| 17      | Хойницкий             | 277274                            | 29454   | 505197         | 0,55         | 1,32          | 0,06                         |
| 18      | Чечерский             | 436282                            | 105489  | 823960         | 0,53         | 1,88          | 0,13                         |
|         | Всего по объединению  | 5982152                           | 854484  | 12108485       | 0,49         | 2,02          | 0,07                         |

Роль основных фондов в процессе производства различна. Часть из них непосредственно воздействует на предмет труда и является активной, другая часть создает необходимые условия для труда и является пассивной. Основное технологическое оборудование, используемое лесхозами Гомельского ПЛХО, составляет активную часть основных фондов. Его наличие и состав приведен в табл. 2.

Таблица 2

## Наличие и состав активной части основных фондов по Гомельскому ПЛХО

| Основное технологическое оборудование                                     | На начало 2002 г. единиц | На конец 2002 г. единиц | Превышение поступления над выбытием, ед. | Темп роста, % |
|---|--------------------------|-------------------------|--|---------------|
| 1   | 2                        | 3                       | 4  | 5             |
| <b>Лесорамы</b>   | <b>51</b>                | <b>53</b>               | <b>+2</b>                                | <b>103,92</b> |
| P-63М   | 36                       | 38                      |  |               |
| PK-1A   | 10                       | 10                      |  |               |
| РПМ-02  | 3                        | 2                       |  |               |
| P-65  | 2                        | 3                       |  |               |
| <b>Тарные рамы</b>  | <b>7</b>                 | <b>5</b>                | <b>-2</b>                                | <b>71,42</b>  |
| РТ-40   | 1                        | 1                       |  |               |
| РТ-2  | 4                        | 2                       |  |               |
| РТ-36   | 2                        | 2                       |  |               |
| <b>Оборудование для оцилиндр. Древес. (ВСН)</b>                           | <b>3</b>                 | <b>3</b>                | <b>0</b>                                 | <b>100</b>    |
| <b>Оборудование для острожки древесины</b>                                | <b>11</b>                | <b>14</b>               | <b>+3</b>                                | <b>127,27</b> |
| СФ-4  | 6                        | 6                       |  |               |
| СПЗ-64  | 4                        | 5                       |  |               |
| КДС   | 1                        | 3                       |  |               |
| Окорочные станки для балансов   | 9                        | 11                      |  |               |
| VK-10   | 1                        | 2                       |  |               |
| SHAL PROFI 500  | 8                        | 9                       |  |               |
| <b>Линия по переработке мелкотоварной древесины +Круглопильные станки</b> | <b>135</b>               | <b>140</b>              | <b>+5</b>                                | <b>103,70</b> |
| Брусовочный станок Ц2KM   | 20                       |                         |  |               |
| Станок для переработки горбыля DSKRD-50                                   | 2                        |                         |  |               |
| Станок многопильный ЦМР-4М  | 12                       |                         |  |               |
| Станок торцовочный ЦПА-40   | 19                       |                         |  |               |
| Станок круглопильный Ц6-2   | 11                       |                         |  |               |
| Станок многопильный ЦМ-120  | 18                       |                         |  |               |
| Станок ЦМ-80  | 5                        |                         |  |               |
| Станок торцовочно-круглопильный ЗРГ-45                                    | 10                       |                         |  |               |
| Станок ЦА2А   | 8                        |                         |  |               |
| Станок DCKLR 40-3R  | 4                        |                         |  |               |
| Станок брусовочно-круглопильный ТД-500                                    | 8                        |                         |  |               |
| Станок 2ЦД-26   | 1                        |                         |  |               |
| Станок комбинированный  | 5                        |                         |  |               |
| Станки  | 10                       |                         |  |               |
| Станок форматно-торцовочный   | 2                        |                         |  |               |

| 1                                | 2          | 3          | 4         | 5             |
|----------------------------------|------------|------------|-----------|---------------|
| Ленточно-пильные станки          | 3          | 5          | +2        | 166,67        |
| 4-х сторонние строгальные станки | 8          | 10         | +2        | 125           |
| Сушильные камеры (ПАП-32)        | 15         | 15         | 0         | 100           |
| Заточные станки                  | 36         | 34         | -2        | 94,44         |
| Станки                           | 15         | 11         | -4        | 73,33         |
| <b>Итого по Гомельскому ПЛХО</b> | <b>284</b> | <b>290</b> | <b>+6</b> | <b>102,11</b> |

Линия по переработке мелкотоварной древесины используется в 18 из 19 лесхозов Гомельского ПЛХО. Только 9 лесхозов имеют линии, включающие в свой состав современное качественное импортное оборудование, удельный вес которого около 33%.

Таблица 3

## Возрастной состав основных средств

| Продолжительность в эксплуатации, лет | Количество, единиц | Удельный вес основных средств |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| До 5                                  | 70                 | 24,14                         |
| 5-10                                  | 36                 | 12,41                         |
| 10-20                                 | 139                | 47,93                         |
| 20 и более                            | 45                 | 15,52                         |
|                                       | <b>290</b>         | <b>100</b>                    |

Средний возраст оборудования составит:

$$(2,5*24,14+7,5*12,41+15*47,93+25*15,52)/100 = 12,6 \text{ лет}$$

В 2002 г. приобретено 40 единиц импортного оборудования (из них 6 единиц — станки деревообработки). В 2003 г. планировалось приобрести 26 единиц импортного оборудования (из которых 23 единицы — станки). Коэффициент обновления основных фондов в среднем составил 2,2%.

Таблица 4

## Анализ степени обновления, выбытия и прироста основных фондов

| № п.п. | Наименование лесхозов | Основные фонды, тыс. руб | Износ основных фондов, тыс. руб | Приобретено основных фондов, тыс. руб | Коэффициент обновления, Коб | Коэффициент износа, Ки | Коэффициент годности, Кг |
|--------|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1      | 2                     | 3                        | 4                               | 5                                     | 6                           | 7                      | 8                        |
| 1      | Б-Кошелевский         | 481940                   | 383833                          | 19093                                 | 0,0396                      | 0,7964                 | 0,2036                   |
| 2      | Василевичский         | 750723                   | 578211                          | 11117                                 | 0,0148                      | 0,7702                 | 0,2298                   |
| 3      | Гомельский            | 1240869                  | 779836                          | -                                     | -                           | 0,6284                 | 0,3716                   |
| 4      | Ельский               | 920485                   | 827895                          | 2213                                  | 0,0024                      | 0,8994                 | 0,1006                   |

## Продолжение таблицы 2

| 1  | 2                    | 3        | 4       | 5      | 6      | 7      | 8      |
|----|----------------------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 5  | Житковический        | 2577320  | 1465794 | 49731  | 0,0193 | 0,5687 | 0,4313 |
| 6  | Жлобинский           | 936390   | 643187  | 42383  | 0,0452 | 0,6868 | 0,3132 |
| 7  | Калинковический      | 1378961  | 1260230 | 104966 | 0,0761 | 0,9138 | 0,0862 |
| 8  | Комаринский          | 494059   | 339189  | 118285 | 0,2394 | 0,6865 | 0,3135 |
| 9  | Лельчицкий           | 3528366  | 2504325 | 3183   | 0,0009 | 0,7097 | 0,2903 |
| 10 | Мозырский            | 1187000  | 1004293 | 85795  | 0,0723 | 0,8460 | 0,1540 |
| 11 | Наровлянский         | 1320792  | 867323  | 22669  | 0,0172 | 0,6566 | 0,3434 |
| 12 | Октябрьский          | 1201506  | 673196  | 14500  | 0,0121 | 0,5603 | 0,4397 |
| 13 | Петриковский         | 1777334  | 1202992 | 9142   | 0,0051 | 0,6768 | 0,3232 |
| 14 | Речицкий             | 825382   | 825382  | 17063  | 0,0206 | 1      | 0      |
| 15 | Рогачевский          | 2012007  | 1244247 | 8323   | 0,0041 | 0,6184 | 0,3816 |
| 16 | Светлогорский        | 1559746  | 1226769 | 306    | 0,0002 | 0,7865 | 0,2135 |
| 17 | Хойницкий            | 948107   | 747597  | 20325  | 0,0214 | 0,7885 | 0,2115 |
| 18 | Чечерский            | 1066010  | 938901  | 99     | —      | 0,8807 | 0,1193 |
|    | Всего по объединению | 24206997 | 1751300 | 529193 | 0,2186 | 0,7234 | 0,2766 |

Обновление основных фондов в лесхозах осуществляется за счет их активной части, что положительно при прочих равных условиях влияет на показатель фондоотдачи.

УДК 33674 (476)

Е.П.Терешко, О.И.Приходченко

## ВЫРАБОТКА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ НАВЫКОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ «РЫНОК»

*Белорусский национальный технический университет  
Академия управления при президенте Республики Беларусь  
Минск, Беларусь*

Авторы имеют более чем десятилетний опыт проведения одной из деловых игр, которая имеет название «Рынок» [1], и предполагают использование ее для выработки ряда управленческих навыков у студентов, обучающихся по специальности «экономист-менеджер».

Игра проводится в электронном или «ручном» вариантах, но цели игры при этом достигаются в одинаковой степени. Правда, электронный вариант позволяет сэкономить время выполнения операций и больше внимания уделить анализу.

Поскольку игра «Рынок» является по своей сущности экономической, то ее условия предполагают, что каждый участник (команда) в идеальном

варианте должен ответить на четыре вопроса: что производить? как производить? кому и по какой цене продавать? как использовать полученные доходы?

Но технология игры такова, что в основном ситуация разыгрывается вокруг третьего вопроса, а точнее заключается в выборе цены (высокой, средней или страховой) для одного и того же товара, реализуемого на конкурентном рынке.

На вводном этапе игры, когда преподавателями излагаются ее условия, от участников требуется умение слушать и выяснять непонятные моменты. Опыт показывает, что не более 20% участников (это студенты 2–3 курсов) обладают этим качеством. Большинство же, только в середине игры полностью усваивают ее смысл, но предпочитают играть в неведении, чем задавать уточняющие вопросы руководителю при объяснении.

Далее в игре подвергается испытанию такое качество менеджера, как «умение поставить цель».

Дело в том, что в самом начале игры руководитель спрашивает участников о главной цели предприятия в рыночной экономике. Разумеется, следует ответ — максимизация прибыли. Далее руководитель, стремясь посеять зерно разобщения, усилий участников уточняет: максимизация прибыли себе или партнеру? Ответ тоже ясен — только себе. Слово «СЕБЕ» руководитель крупно записывает на доске, зная, что участники не подозревают о том, как они глубоко заблуждаются и как трудно им будет в ходе игры перейти к критерию «максимум прибыли для всех».

Далее от участников требуется умение изучить влияние внешней среды на успех деятельности своего предприятия.

Игра настроена так, что высокая цена продажи дает только увеличение сиюминутной прибыли, но подрывает платежеспособный спрос населения. В результате предприятия вынуждены сдавать продукцию за бесценок, а правительство — выбрасывать в оборот дополнительную денежную массу, чтобы поддержать платежеспособный спрос. Но это все паллеативы.

И если среди участников найдется такой, кто это быстро поймет и сумеет убедить других в том, что общий успех возможен только при наращивании платежеспособного спроса, игра может оказаться успешной.

Игровые возможности убедить ограничены регламентом проведения деловых совещаний (по три минуты). Если руководитель игры не пытается внести стройность в обсуждение, то участники могут не прийти ни к какому решению и игра потеряет смысл. Лучше сразу напомнить игрокам основные правила проведения делового совещания, чтобы каждое из них завершилось конкретным решением с определением путей его реализации.

Технология игры такова, что если игрок подчиняется каким-либо общим требованиям, то он может нести убытки. Право на коммерческую тайну позволяет каждому не рассказывать свое финансовое положение, не выполнять общие установки, что порождает взаимное недоверие. Поэтому успех игры в итоге зависит от того, насколько игрокам удастся создать атмосферу доверия. Здесь руководителю рекомендуется вести себя так. Чтобы игроки сами поняли необходимость создания такой атмосферы и чтобы они сами ее создали. Если руководитель будет активно способствовать развитию духа доверия, то обучающий эффект от игры будет сильно ослаблен.

Очень важной для успеха в данной игре является способность игрока к сотрудничеству с партнерами. Иногда бывает так, что игроки, имея полное понимание того, что нужно делать, не могут его реализовать именно из-за неспособности к сотрудничеству компромиссу.

Итог игры, как правило, является разочаровывающим для всех участников. При разборе, оказывается, что цель игры «максимум прибыли себе» участники понимали, «как создание максимума препятствий для партнера в увеличении прибыли». В результате получается картина подобная той, которая изображена на рис. 1.

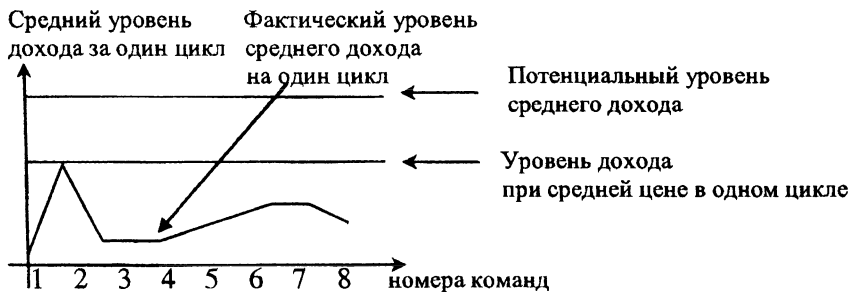


Рис. 1.

Смысл сложившейся в конце игры ситуации состоит в том. Что у большинства игроков средний уровень дохода оказывается ниже того уровня, который они могли бы получить, если бы продавали свой товар по изначально умеренной цене. У победителя средний доход может быть несколько выше. Но потенциальные возможности получения высоких доходов оказываются далеко не реализованными из-за непонимания простой истины: богатый предприниматель может быть лишь в той стране, где имеет место высокий уровень благосостояния населения. Данная игра и направлена на доказательство справедливости последнего тезиса.



# ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378.026.9

А.С. Баранова

## КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЦЕССУ ПОДГОТОВКИ ПЕДАГОГОВ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Культурологический подход к проблемам педагогического образования предполагает овладение учителем общей и профессионально-педагогической культурой, активное освоение педагогических теорий, ценностей, технологий. В XIX веке термин «культура» стал обозначать самые разнородные формы и продукты человеческой деятельности — язык, искусство, технику, знания, верования, мораль, социальные и духовные ценности.

Большое значение для профессионального роста будущих педагогов имеет осмысление культуры как ценности в процессе анализа идей выдающихся философов, деятелей образования и культуры: Н.А. Бердяева, В.В. Розанова, З. Фрейда, Л.С. Выготского, С.И. Гессена.

Н.А. Бердяев (1874–1948) отмечал связь культуры и познания: «Культура — есть осуществление новых ценностей... Она осуществляет лишь истину в познании, в философских и научных книгах, добро — в нравах, бытии и общественных установлениях» [1]. Понятие культуры он рассматривал как работу духа: «Всякая культура (даже материальная культура) есть культура духа, всякая культура имеет духовную основу — она есть продукт творческой работы духа над природными стихиями» [1].

В.В. Розанов (1856–1919) раскрыл сущность культурологического подхода к процессу образования. К культурному наследию он относил всё, в чём скрыт какой-нибудь культ. Культ в его понимании — это внутреннее и особенное внимание к чему-нибудь — предпочтение некоторому всему остальному. В.В. Розанов писал: «Культура начинается там, где начинается любовь, где возникает привязанность, где взгляд человека, неопределенно блуждающий повсюду, на чем-нибудь останавливается и уже не может отойти от него» [3]. Это же является актуальной задачей педагогического процесса. Важной задачей исторической и культурной школы он считал укрепление этого культа в противоположности антикультуры. Задачей просвещения В.В.

Разов считал формирование у личности в качестве культа таких нравственных ценностей как любовь, верность. В «Сумерках просвещения» он писал: «Единичные предметы, от которых идут впечатления, должны быть воспитательны, т.е. носить на себе живые черты культуры, а не лишены их» [3].

Культурологический подход значительно обогащает понятие личности будущего педагога. Анализ существенных моделей социокультурной природы человека (философско-антропологическая, экзистенциальная, экологическая социологическая, культурологическая, психоаналитическая) позволяет выстраивать максимально приближенную к личности образовательную траекторию. Предметом анализа З.Фрейда является личность в культуре. З.Фрейд дал следующее определение человеческой культуры: «Человеческая культура охватывает, во-первых, все накопленные людьми знания и умения, позволяющие им овладеть силами природы и взять у нее блага для удовлетворения человеческих потребностей, а во-вторых, все институты, необходимые для упорядочивания человеческих взаимоотношений» [2]. В этом определении представлены термины, встречающиеся в педагогике (знания и умения, потребности, человеческие взаимоотношения). З.Фрейд рассматривал культуру также как систему норм и запретов. Центральным понятием концепции культуры Фрейда является сублимация, формы которой рассматриваются в педагогике и могут быть использованы в педагогическом процессе. Понятие знания, культуры как сублимирующей сущности ценно в образовательном и воспитательном значениях. Познание, обучение сдерживает негативные инстинкты, способствует выходу энергии в социально приемлемой форме (игры, тренинги, конструирование, изобретение). Словом «культура» З. Фрейд обозначал «всю сумму достижений и учреждений, отличающих нашу жизнь от жизни наших животных предков и служащих двум целям: защите людей от природы и урегулированию отношений между людьми» [2]. К культуре он относил все формы деятельности и все ценности, которые приносят человеку пользу, подчиняют ему землю, защищают его от сил природы. Деятельностный подход в подготовке педагогов также является одним из важных.

Созданная Л.С. Выготский культурно-историческая теория, согласно которой все психические функции человека имеют глубинные корни не внутри отдельного человеческого индивидуума, не внутри его организма и личности, а вне его — в общении индивидов, в их отношениях друг к другу и к вещам, созданным людьми, имеет большое значение для развития теории и практики обучения и воспитания будущих педагогов.

На современном этапе известными педагогами разработаны образовательные технологии на основе культурологического подхода к проблемам обучения и воспитания. К таким технологиям относится культуровоспитыва-

ющая технология дифференцированного обучения по интересам (И.Н. Закарова), согласно которой учебный план представляет на выбор довольно широкий комплекс образовательных дисциплин, имеющий общекультурное значение и обеспечивающий всестороннее и гармоническое развитие. Целевой ориентацией является воспитание человека высокой гуманитарной и технической культуры.

Интересной является технология «Диалог культур» (В.С. Библер, С.Ю. Курганов), в основу которого положены идеи М.М. Бахтина «о культуре как диалоге», идеи «внутренней речи» Л.С. Выготского и положения «Философской логики культуры» В.С. Библиера. Целевой ориентацией данной технологии является формирование диалогического сознания и мышления, освобождение его от плоского рационализма, монофилии культуры, а также обновление предметного содержания, сопряжение в нем различных, не сводимых друг к другу культур. Диалог культур осуществляется в контексте современной культуры. Обучение строится не на основе учебника, но на основе коренных, реальных текстов данной культуры, воспроизводящих мысли основных Собеседников этой культуры.

Технология вероятностного образования (Я. М. Лобок) в качестве вероятностного подхода к учебному процессу предлагает учителю не столько следовать пошаговой расписанности действий, сколько удерживать широкое культурное пространство в процессе диалога с различными мнениями. Содержание образования состоит не в транслировании знаний, а во множественных проблематизациях, максимально провоцирующих личность на самостоятельное движение в пространстве культуры.

Концепция технологии мастерских включает положение о том, что культурные формы должны лишь предлагаться, но не навязываться. Знакомство с такими технологиями воспитывает личность высокой культуры, способной к творческой педагогической деятельности.

Культурологическое содержание процесса подготовки педагогов включает формирование методологической культуры учителя, культуры труда, реализацию культуросберегающей функции образования, модель воспитания человека культуры. Человек культуры — свободная, духовная, творческая личность.

Продуктивность образования в значительной степени зависит от реализации культурологического подхода, который был выработан в течение длительного культурно-исторического пути, имеет основательно разработанные концепции, теории и требует дальнейших исследований применительно к педагогическому процессу в высшей школе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бердяев Н. Смысл истории. — М.: Мысль, 1990. — 174 с.
2. Бобахо В.А., Левкова С.И. Культурология. — М.: ФАИР-ПРЕСС, 2000. — 400 с.
3. Розанов В.В. Сумерки просвещения. — М.: Педагогика, 1990. — 624 с.

УДК 378.026.9

**А.С.Баранова, Н.И.Витушко, А.А.Шинкевич**

### **ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ ПЕДАГОГА**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

Интеллектуальная культура предполагает способность быстро и легко переходить от одного класса явлений к другому, находить способ конструктивного решения проблемы. Л.М. Митина выделяет основные, важные составляющие понятия интеллекта: мышление в различных аспектах его проявления, умственные способности человека, способности ставить и решать новые задачи, общая осведомленность, уровень обученности, система познавательных процессов (в широком смысле), адаптивная система, обеспечивающая эффективность взаимодействия со средой (природной и социальной) [1]. М.А.Холодная выделила базовые свойства интеллекта: уровневые, комбинаторные, процессуальные, регуляторные [1].

Выделение основных составляющих и свойств интеллекта позволяет разработать программу формирования интеллектуальной культуры педагога. При этом учитывается создание индивидуального «интеллектуального стиля» и «интеллектуальной стратегии». Интеллектуальный стиль представляет собой индивидуальный набор приёмов и способов, сложившихся у человека, в соответствии с собственными психологическими особенностями. Л.М. Митина рассматривает интеллектуальный стиль как довольно устойчивое психологическое образование, необходимое для успешной адаптации человека к условиям окружающей среды.

Интеллектуальная стратегия предполагает комбинирование, перенос устойчивых подходов и способов решения отдельных проблем в условиях иных типов деятельности, требующих решения новых типов задач.

Формирование интеллектуальной культуры начинается с диагностирования типа интеллекта, характерного для данной личности. С помощью тестов определяется тип интеллекта (вербально-лингвистический, логико-математи-

ческий, пространственный, музыкальный, телесно-кинестетический, внутриличностный, коммуникативный, технический, визуальный, аудиальный).

В процессе решения определенных задач, тренингов развивается тот тип интеллекта, который по каким-либо причинам не получил должного развития. Например, визуальный интеллект развивается на основе преобразования образов восприятия в образы представления, дальнейшего изменения, преобразования и обобщения предметного содержания представлений, формирующих отражения реальности в образно-концептуальной форме. Развитие визуального интеллекта инженеров-педагогов способствует созданию ими качественного образовательного или материального продукта. Большое значение для развития данного типа интеллекта имеют различные задачи и упражнения: задачи графической классификации, метод графических аналогий, завершение графических последовательностей. Эти задачи развивают мыслительные процессы кодирования, умозаключения, отображения, аппликации. Упражнения на сравнение букв предусматривают быстрый просмотр пар букв с последующим указанием, одинаковы ли буквы, входящие в каждую пару, или нет. Упражнения на зрительный поиск позволяют найти нужную букву в последовательности строчных и прописных букв.

Интересным заданием для развития визуального интеллекта является расшифровка несловесных ключей. На производстве, в повседневной жизни часто приходится расшифровывать невербальные информационные сообщения, посылаемые нам другими людьми. С помощью фотографий, картин, других средств наглядности воссоздается реальный образ в его устном виде.

Большое значение для развития визуального интеллекта имеет правильное и рациональное размещение наглядной информации в учебных изданиях и других носителях обучающей информации. По данным американского ученого С. Гейкера распределение внимания зависит от расположения информативного материала. Наиболее информативной является левая верхняя часть страницы.

Восприятие графических и иллюстративных форм предъявления информации представляет собой систему сенсорных и интеллектуальных действий, включающих в себя акты обнаружения, различения, идентификации сигнала и сравнение его эталоном хранящегося в памяти (декодирование).

В настоящее время особую актуальность приобретает развитие социального (коммуникативного) интеллекта, способности правильно понимать, прогнозировать, интерпретировать поведение людей. Социальный интеллект тесно связан с внутриличностным, который предполагает осознание того, что человек чувствует, и понимание того, как надо действовать мудро на основе знания самого себя.

Различные исследования показали, что наиболее ценным и продуктивным является коллектив, в котором есть высокий уровень социального интеллекта. Для развития социального интеллекта широко используются групповые технологии, интерактивные методы обучения. Интернет также всё шире использует различные виды интерактивного обучения: Интернет-кафе, форумы, группы дружеских бесед, где пользователи обмениваются друг с другом сообщениями. Программное обеспечение для групп позволяет компьютерным пользователям, соединенным через сеть, работать вместе над проектами над проектами и общими идеями. Интерактивные встречи и диалоги помогают максимально расширять знания, повышать эффективность деятельности, уменьшать количество конфликтов. Также программы поощряют открытость контактов, уничтожают личную вражду, исключают узковедомственный подход, когда творческая мысль в результате непонимания, карьерных соображений, зависти, недоброжелательности игнорируется. Интерактивные программы способствуют независимости и творчеству исследователей. Это создает благоприятную среду для поиска истины, объективизации информации. Развитие социального интеллекта в процессе обучения помогает находить оптимальное решение в условиях наличия различных, порой противоречивых и взаимоисключающих мнений. В результате проблема приобретает новое значение и звучание, а также международный резонанс.

В процессе образования всё шире стали использоваться телекоммуникационные проекты. Развитие социального интеллекта осуществляется в процессе интерактивных приключенческих игр, создания совместных проектов, совместного анализа нравственных проблем, обсуждения планов на будущее. Международные проекты способствуют развитию социального интеллекта на международном уровне. Учащиеся различных стран могут проанализировать и проранжировать основные ценности жизни: деньги, власть, здоровье, престиж, духовный поиск, познание истины, поиск смысла жизни, общение.

Разработка телекоммуникационных проектов может быть направлена на развитие социального интеллекта личности и на решение проблем оздоровления общества (телекоммуникационный проект «Проблема добра и зла в обществе»). С точки зрения различных позиций (национальных, религиозных, личных) рассматриваются категории добра и зла, показывается отличие морального зла от социального, первичность социального зла по сравнению с моральным злом, происходит оценка социальной практики с помощью категорий добра и зла.

В процессе исследования осуществляется поиск глубинных закономерностей формирования интеллектуальной культуры педагога. Результаты исследования заносятся в таблицу.

Таблица 1

## Самооценка

| Тип интеллекта<br>Качества ума | Самооценка                |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------|-------------|-------------------------|------------------|------------------------------|-------------|------------|------------|
|                                | Вербально-лингвистический | Логико-математический | Пространственный | Музыкальный | Телесно-кинестетический | Внутриличностный | Коммуникативный (социальный) | Технический | Визуальный | аудиальный |
| Сообразительность              |                           |                       |                  |             |                         | +                |                              |             |            |            |
| Критичность                    |                           |                       | +                |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Глубина                        |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Самостоятельность              |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Обоснованность                 |                           |                       |                  |             | +                       |                  |                              |             |            |            |
| Гибкость                       |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Широта                         |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Креативность                   |                           | +                     |                  |             |                         |                  |                              |             | +          |            |
| Быстрота                       |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Инициативность                 |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Оригинальность                 |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |

Таблица 2

## «Я» глазами других

| Тип интеллекта<br>Качества ума | «Я» глазами других        |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------|-------------|-------------------------|------------------|------------------------------|-------------|------------|------------|
|                                | Вербально-лингвистический | Логико-математический | Пространственный | Музыкальный | Телесно-кинестетический | Внутриличностный | Коммуникативный (социальный) | Технический | Визуальный | аудиальный |
| Сообразительность              |                           |                       |                  |             |                         |                  | +                            |             |            |            |
| Критичность                    |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Глубина                        |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Самостоятельность              |                           | +                     |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Обоснованность                 |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Гибкость                       |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Широта                         |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Креативность                   |                           |                       |                  |             |                         |                  | +                            |             |            |            |
| Быстрота                       |                           |                       |                  | +           |                         |                  |                              |             |            |            |
| Инициативность                 |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |
| Оригинальность                 |                           |                       |                  |             |                         |                  |                              |             |            |            |

## ЛИТЕРАТУРА

1. Митина Л.М. Интеллектуальная гибкость учителя. — М.:Флинта, 2003. — 144 с. 2. Штернберг Р. Дж. Отточите свой интеллект. — Мн.: ООО «Поппури», 2000. — 544 с.

УДК 378.73

Е.Е. Белановская

### **РОЛЬ КОЛЛЕКТИВА СТУДЕНЧЕСКОЙ ГРУППЫ В ФОРМИРОВАНИИ ЛИЧНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Значительную роль в формировании социально значимых качеств специалиста играет коллектив учебной группы (первичный студенческий коллектив). Главным критерием зрелости молодого специалиста является деятельность в коллективе, его готовность принимать решение, брать на себя ответственность, действовать самостоятельно и творчески. Коллектив студенческой группы характеризуют следующие признаки:

- непосредственное взаимодействие его членов;
- объективно сложившаяся известная однородность социального поведения и возможность установления непосредственного социального (группового) контроля;
- дополнение структуры группы (официальной) общественной и социально-психологическими структурами.

В своем становлении и развитии коллектив учебной (академической) группы проходит несколько этапов. Первоначальный этап носит практически организационно-технический характер. Сущность его в большей степени связана с деятельностью преподавателей и куратора, направленной на определение единых требований к студентам группы, их ориентацию на успешную учебную деятельность, развитие интереса к учебе, создание максимально благоприятного микроклимата. Одной из важных педагогических задач этого этапа является совместное с группой выявление и оформление актива, хотя уже в это время в группе могут выделяться и неформальные лидеры, способные оказать значительное влияние на складывающийся коллектив.

Последующие этапы становления коллектива студенческой группы составляют тот сложный период существования, когда решаются насущные



задачи: развитие организаторских способностей членов коллектива, их самостоятельности, учебной и научной инициативы, активности.

Заключительным этапом формирования первичного студенческого коллектива, становится явно выраженное стремление студентов к самовоспитанию, саморазвитию, самоуправлению.

Из вышесказанного следует, что формирование личности в коллективе учебной группы осуществляется в первую очередь не какими-то специальными воспитательными, педагогическими приемами, методами, а самим процессом учебной (трудовой) и общественной деятельности. Наиболее приоритетной в этом процессе является учебная (трудовая) деятельность, создающая определенный фон (базу) для развития общественной, организационной и воспитательной деятельности.

Следовательно, процесс воздействия коллектива на личность можно представить следующим образом:

- непосредственная учебная (трудовая) деятельность, вне которой нельзя сформировать ряд важнейших социальных качеств личности — трудолюбие, профессионализм, ответственность, коллективизм и т.д.;
- существование в микроколлективе (учебной группе) ценностных установок и ориентаций, которые проявляются быстрее всего через общественное мнение;
- система социального контроля в учебной группе;
- учебно-воспитательная деятельность (куратор, преподаватели гуманитарных дисциплин).

Безусловно, следует учитывать, что взаимоотношения коллектива и личности не представляют собой механического подчинения личности требованиям коллектива, они не ведут к тому, что на каждую личность без каких-либо различий распространяется вся совокупность групповых ценностей и ориентаций. Эти взаимоотношения проходят через эмоционально-психологическую сферу личности, где соответствующим образом «перерабатываются» и в результате чего становятся или не становятся психологической установкой, ценностью. В итоге личность вырабатывает сложную, иногда противоречивую систему установок.

Можно сформулировать ряд психолого-педагогических требований к процессу становления и развития единства требований в вузовском коллективе, а в его рамках и коллективов студенческих групп, соблюдение которых способствует формированию социально значимых качеств специалиста. К их числу относятся:

- разнообразие форм и методов работы со студентами, как учебной, так и общественной деятельности;

- эмоциональная настроенность всей работы со студентами;
- состязательный характер учебной, научной, производственной и общественной деятельности студентов, что соответствует психологической сущности молодежи, которой присущи стремления к интеллектуальной сообразительности, эрудиции, повышению своего профессионального мастерства;
- наделение студенческих коллективов и отдельных студентов конкретными правилами с признанием их мнения и предложении, передача ряда управленческих функций и полномочий студенческому коллективу, повышая их социальную ответственность, придающая их деятельности самостоятельность;
- формирование личности через включение ее в студенческое самоуправление;
- дифференцированный подход к различным микрогруппам студентов и отдельным студентам; учитывать индивидуальные интересы и склонности, способности, теоретическую и практическую подготовленность;
- контроль и оценка деятельности, имеющие большое психологическое значение для студенческой молодежи.

Введение самоуправления в вузе, в студенческом коллективе предполагает высокий нравственно-политический и культурный уровень членов вузовских коллективов, их повышенную социальную активность; заинтересованность студентов в высоком конечном результате и высокую ответственность за него; обязательное участие каждого студента в практическом управлении делами; самостоятельность, совместное решение оперативно-функциональных задач; широкое осуществление прав и полномочий, их совместное распределение; активное участие студентов в научно-исследовательской работе.

Теоретически понятно, что чем шире будут привлекаться студенты к управлению различными сферами жизнедеятельности вуза, тем эффективнее будет формирование личности специалиста. Теория и практика студенческого самоуправления показывает, что оно имеет большое воспитательное значение: активизирует личность и внутренние механизмы деятельности, позволяет студентам правильно воспринимать происходящие в мире изменения, осознавать свои права и обязанности, нести ответственность за совершаемые поступки.

Однако, при всей важности развития студенческого самоуправления для формирования личности специалиста, следует отметить, что это только одно из необходимых условий. Не менее важно повышение интереса студентов к избранной специальности, существенное улучшение качества проведения занятий преподавателями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаев Н.Н. Методические разработки по курсу «Основы педагогической психологии» (психологический анализ этапа становления умственного действия). — М.: Мос.архит. ин-т, 1988. 2. Просецкий П.А. Психологические основы формирования коллектива. Автореф. дисс. докт. пед. наук — Воронеж: Изд-во Воронеж.гос. ун-та, 1971.

УДК 004

Н.И. Белодед

### ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК

*Белорусский государственный аграрный технический университет  
Минск, Беларусь*

Электронный учебник (ЭУ) — компьютерное, педагогическое программное средство, предназначенное, в первую очередь, для предъявления новой информации, дополняющей печатные издания, служащее для индивидуального обучения и позволяющее в ограниченной мере тестировать полученные знания и умения обучаемого. Автоматизированная обучающая система — это также компьютерное, педагогическое программное средство, предназначенное, как для предъявления новой информации, так и для научения навыкам и умениям, промежуточного и итогового тестирования (экзаменования), обладающее развитой системой помощи, как по самой обучающей программе, так и по изучаемому предмету, обладающее возможностью поднастройки к обучаемому (его уровню знаний, скорости и пути продвижения по изучаемому материалу и т.д.), обладающее развитой системой сбора и обработки статистической информации об отдельном обучаемом, группе и потоке обучаемых, накапливающее информацию о часто встречающихся ошибках при работе с обучающей системой и ошибках по изучаемой теме или дисциплине.

Электронный учебник, как учебное средство нового типа, может быть открытой или частично открытой системой. При этом, естественно, должно быть ограничение от несанкционированного изменения учебника, таким образом, чтобы, во-первых, не нарушался закон «Об авторских и смежных правах», а для защиты электронного учебника от несанкционированного изменения должен применяться пароль или система паролей. Во-вторых, изменения, если предусмотрена такая возможность, должны быть разрешены только опытному преподавателю, чтобы не нарушалась общая структура и содер-

жание электронного учебника. Модификация электронного учебника может потребоваться, в первую очередь, для адаптации его к конкретному учебному плану, учитывающему специфику изучаемой дисциплины в данном ВУЗе, возможности материально-технической базы, личный опыт преподавателя, современное состояние науки, базовый уровень подготовленности обучающихся, объем часов, выделенных на изучение дисциплины и т.д.

Следует отметить, что электронный учебник должен не просто повторять печатные издания, а использовать все современные достижения компьютерных технологий.

1. Электронный учебник должен содержать минимум текстовой информации.

2. Учебники должны содержать большое количество иллюстративного материала.

3. Использование видеофрагментов позволяет передать в динамике процессы и явления.

4. По данным ЮНЕСКО при аудиовосприятии усваивается только 12% информации, при визуальном около 25%, а при аудиовизуальном до 65% воспринимаемой информации.

5. Электронный учебник должен содержать гиперссылки по элементам учебника и возможно иметь ссылки на другие электронные учебники и справочники.

6. Возможен с помощью технологии OLE, запуск других компьютерных программ для показа примеров, тестирования и др. целей.

7. Исключительное дидактическое значение имеет компоновка текстового, графического и другого материала. Качество восприятия новой информации, возможность обобщения и анализа, скорость запоминания, полнота усвоения учебной информации в значительной мере зависят как от расположения информации на странице (экране компьютера), так и от последовательности идущих друг за другом страниц.

8. В электронном учебнике должен быть список рекомендованной литературы, изданной традиционным, печатным способом. Список литературы может быть дополнен не только ссылками на статьи в журналах, сборниках научных конференций и др., но также и на электронные публикации, размещенные на серверах учебного заведения или в сети Internet.

Реформа современного образования может состояться лишь при условии создания таких компьютерных пакетов (электронных учебников, пособий, тренажеров, тестеров и проч.), наличие которых обеспечит одну и ту же компьютерную среду в специализированной аудитории на практических занятиях, в компьютерном классе учебного заведения или общежитии, оборуду-

дованном для самостоятельной работы учащихся, а также дома на персональном компьютере.

Рассмотрим некоторые принципы, которыми следует руководствоваться при создании электронного учебника.

√ Разбиение материала на разделы, состоящие из модулей, минимальных по объему, но замкнутых по содержанию.

√ Каждый модуль должен иметь следующие компоненты

- теоретическое ядро;
- контрольные вопросы по теории;
- примеры;
- задачи и упражнения для самостоятельного решения;
- контрольные вопросы по всему модулю с ответами;
- контрольная работа;
- контекстная справка (Help);
- исторический комментарий.

√ Каждый модуль должен состоять из коллекции кадров с минимумом текста и визуализацией, облегчающей понимание и запоминание новых понятий, утверждений и методов.

√ Каждый модуль должен быть связан гипертекстными ссылками с другими модулями так, чтобы у пользователя был выбор перехода в любой другой модуль. Принцип ветвления не исключает, а даже предполагает наличие рекомендуемых переходов, реализующих последовательное изучение предмета.

√ Обучаемый самостоятельно управляет сменой кадров, имеет возможность вызывать на экран любое количество примеров, решить необходимое ему количество задач, задаваемого им самим или определяемого преподавателем уровня сложности, а также проверить себя, ответив на контрольные вопросы и выполнив контрольную работу, заданного уровня сложности.

√ Электронный учебник должен допускать адаптацию к нуждам конкретного пользователя в процессе учебы, позволять варьировать глубину и сложность изучаемого материала и его прикладную направленность в зависимости от будущей специальности учащегося, применительно к нуждам пользователя генерировать дополнительный иллюстративный материал, представлять графические и геометрические интерпретации изучаемых понятий и полученных учащимся решений задач.

√ В любой момент работы обучаемый может получить компьютерную поддержку, освобождающую его от рутинной работы и позволяющую сосредоточиться на сути изучаемого в данный момент материала, рассмотреть большее количество примеров и решить больше задач. Причем компьютер

не только выполняет громоздкие преобразования, разнообразные вычисления и графические построения, но и совершает математические операции любого уровня сложности, если они уже изучены ранее, а также проверяет полученные результаты на любом этапе, а не только на уровне ответа.

✓ Электронный учебник должен быть выполнен в форматах, позволяющих компоновать их в единые электронные комплексы, расширять и дополнять их новыми разделами и темами, а также формировать электронные библиотеки по отдельным дисциплинам (например, для кафедральных компьютерных классов) или личные электронные библиотеки студента (в соответствии со специальностью и курсом, на котором он учится), преподавателя или исследователя.

При первых попытках разработать ЭУ использовалось так называемое прямое программирование на одном из языков типа FORTRAN, C и т.п. В роли программистов выступали студенты старших курсов и аспиранты. Они покидали кафедры вместе с исходными текстами программ. В результате эти программы нельзя было модернизировать, изменять и они быстро устаревали.

Позднее пришла пора так называемых оболочек, представлявших из себя универсальные среды для наполнения методическими материалами. Стоимость таких оболочек варьировалась от 500 до 5000 долларов. Хотя оболочки не требовали непосредственного программирования и, в принципе, каждый преподаватель мог подготовить ЭУ, ничего заслуживающего внимания создано не было по трем причинам. Во-первых, в то время концепции, относящиеся к ЭУ, находились в зачаточном состоянии. Во-вторых, не существовало так называемых систем символьной математики. В-третьих, персональные компьютеры еще не имели надлежащего распространения. В те годы энтузиасты создания ЭУ заложили основы современных представлений о том, каким должен быть ЭУ.

Программный комплекс предназначен для автоматизации учебного процесса. Он помогает преподавателю как в формировании знаний у обучаемых, так и в объективной оценке уровня полученных знаний. На мой взгляд, преимущество данного комплекса состоит в одинаково простой схеме его применения, как к гуманитарным, так и к инженерным дисциплинам.

Содержание дисциплины готовится преподавателем. Достоинство комплекса состоит в том, подготовительная работа над самим учебником ведется в привычной для работы пользователя среде MS Word. Это дает возможность не только создавать новые учебники, но и легко выполнить модернизацию старых разработок для автоматизации проведения учебного процесса на основе компьютерных технологий. Как показывает опыт нашей работы, большинство предыдущих разработок выполнялось в редакторе Word. Предлага-

мая оболочка создает АРМ преподавателя, которое использует предыдущие его наработки. Для профессиональной и однотипной подготовки ЭМУ в университете создается специальная группа, в состав которой войдут автор учебника, программисты и дизайнер.

Обучающе — тестирующая программа состоит из двух частей:

- Информационная начинка дисциплины;
- Оболочка, выполняющая различные функции (смену режимов работы, доступ к исходным данным и т.д.).

Файлы первой части — это Word-овские файлы, имеющие достаточно гибкую структуру, которую каждый преподаватель может легко изменить по своему вкусу. Документы должны содержать теоретические сведения по предмету, вопросы на закрепление после каждой главы пройденного материала, практические задания и примеры.

Регистрация обучаемого осуществляется через определение ФИО, номера группы и номера зачетной книжки. В университете разрабатывается АСУ ВУЗ. Тема электронного учебника входит в ее состав как самостоятельный фрагмент — подсистема. В дальнейшем регистрация обучаемого будет проводиться по идентификационному номеру, который определяется единожды при зачислении абитуриента в университет. Только после регистрации обучаемому дается доступ к одному из трех доступных ресурсов: обучение, тренинг, тестирование.

Тестирование выполняется по случайно генерируемым вопросам. Количество вопросов для теста может быть ограничено при настройке системы. В зависимости от количества правильных и не правильных ответов выставляется оценка или зачет/незачет. Итоговым документом работы группы является ведомость, передаваемая в деканат по сети университета (возможна подготовка и твердой копии). Время тестирования отображается на экране. Если контрольное время исчерпано, а ответы на все вопросы не получены, то тест не сдан.

Создание однотипных учебников по подготовке инженеров сельскохозяйственного профиля позволит сформировать базу знаний по дисциплине. Все базы дисциплин делают возможным их объединение в базу знаний кафедры или факультета. Доступ к такому информационному ресурсу будет обеспечиваться через электронную библиотеку, которая будет представлена внешним пользователям Министерства сельского хозяйства и Министерства образования Республики Беларусь. Электронная библиотека также является частью системы управления университетом и будет размещена на сервере данных. Такой подход создает фундамент проведения дистанционного обучения, повышения квалификации и переподготовки кадров АПК на базе ин-

формационных технологий. Не вызывает сомнения и тот факт, что результаты этого проекта принесут пользу для стационарного обучения, консультаций и самостоятельной работы студентов при использовании сетевых ресурсов университета.

УДК 004

**Н.И. Белодед, В.Э. Склепович**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

*Белорусский государственный аграрный технический университет  
Минск, Беларусь*

Система образования в нашей стране вступила в период фундаментальных перемен, характеризующихся новым пониманием целей и ценностей образования, осознанием необходимости перехода к непрерывному образованию, новыми подходами к разработке и использованию технологий обучения. Реализация многих из стоящих перед системой образования на современном этапе задач невозможна без использования методов и средств компьютеризации. Применение компьютеров в обучении студентов создаст возможность использования их для аудиторных и самостоятельных занятий. В настоящее время, во всех вышеперечисленных случаях, используется в основном программное обеспечение общего назначения — текстовые редакторы, электронные таблицы и др., но по мнению авторов необходимо применение специализированных обучающих систем, таких как электронные учебники.

Рассмотрим некоторые элементы электронного учебника, их свойства и значимость для процесса обучения [1].

1. Электронный учебник должен содержать только минимум текстовой информации, в связи с тем, что длительное чтение текста с экрана приводит к значительному утомлению и как следствие к снижению восприятия и усвоения знаний. Существенное значение имеет размер и начертание шрифта. В отношении печатных учебных пособий исследования показывают, что наклонные шрифты (курсив) могут использоваться для акцента или в исключительных случаях для дополнительного текста. Электронный вариант учебника позволяет выделить отдельные слова или фразы цветом и фоном, что с одной стороны улучшает наглядность, позволяет акцентировать внимание на



главном, но с другой стороны, излишняя «пестрота» или недостаточная контрастность могут рассеивать внимание или затруднить чтение.

2. Такие учебники должны содержать большое количество иллюстративного материала. Как отмечает Мархель, «по сравнению с обычным учебником учебное пособие требует большего количества иллюстрированного материала, активизирующего мыслительную деятельность обучаемого ... обеспечивающего практическую наглядность обучения» [2]. Ряд авторов также отмечают высокую дидактическую значимость иллюстраций. Для ограничения объема учебника (размеры файлов) и соответственно возможности его использования на более широком спектре компьютеров, целесообразно использование упакованных форматов графических файлов (GIF, JPEG и др.), использование ограниченной палитры цветов или векторных графических файлов, например WMF.

3. Использование видеофрагментов позволяет передать в динамике процессы и явления. Несмотря на большие размеры файлов, применять их целесообразно, т.к. восприятие и заинтересованность студентов повышаются и как следствие, улучшается качество знаний.

4. В традиционном обучении преобладают вербальные средства при предъявлении нового материала. В связи с этим применение аудио фрагментов в электронном учебнике позволяет не только приблизить его к привычным способам предъявления информации, но и улучшить восприятие нового материала, при этом активизирует не только зрительные, но и слуховые центры головного мозга. По данным ЮНЕСКО при аудиовосприятии усваивается только 12% информации, при визуальном около 25%, а при аудиовизуальном до 65% воспринимаемой информации. Несмотря на развитие и улучшение мультимедийных средств в настоящее время большая часть компьютеров, используемых в обучении, еще не оснащена звуковыми системами. Кроме того, во время аудиторных занятий (при индивидуализированном обучении) звук целесообразнее воспроизводить с помощью наушников, а не внешних акустических систем (колонок). Таким образом, вышесказанное накладывает ограничения на использование электронных учебников, со встроенными звуковыми фрагментами.

5. Электронный учебник должен содержать гиперссылки по элементам учебника и возможно иметь ссылки на другие электронные учебники и справочники. Желательно иметь содержание с быстрым переходом на нужную страницу.

6. Возможен, например, с помощью технологии OLE, запуск других компьютерных программ для показа примеров, тестирования и др. целей.

7. Исключительное дидактическое значение имеет компоновка текстового, графического и другого материала. Качество восприятия новой инфор-

мации, возможность обобщения и анализа, скорость запоминания, полнота усвоения учебной информации в значительной мере зависят как от расположения информации на странице (экране компьютера), так и от последовательности идущих друг за другом страниц. Ведь, в отличие от печатного издания, в котором можно одновременно «заглядывать» в две страницы, держа промежуточные страницы в руках, в электронном учебнике это сделать невозможно. Но в связи с вышесказанным, электронный учебник должен позволять делать закладки в любом месте, отображать список закладок, отсортировав их в любом порядке.

8. В электронном учебнике должен быть список рекомендованной литературы, изданной традиционным, печатным способом. Как отмечалось выше, электронный учебник может быть адаптирован к конкретному учебному плану ВУЗа и поэтому в списке литературы можно предусмотреть указание имеющегося в библиотеке количества книг или других изданий. Список литературы может быть дополнен не только ссылками на статьи в журналах, сборниках научных конференций и др., но также и на электронные публикации, размещенные на серверах учебного заведения или в сети Internet.

Проанализировав работу некоторых общедоступных программно-педагогических средств и учитывая выше сказанное в Центре информационных технологий (ЦИТ) Белорусского государственного аграрного технического университета (БГАТУ) была начата работа над программным обеспечением для создания электронных учебников (ЭУ) под рабочим названием LenTest.

Программный продукт LenTest состоит из двух составляющих: интерфейс преподавателя и интерфейс обучаемого. Использования того или иного интерфейса определяется паролем при входе в систему.

Если пользователь вошел в систему под паролем обучаемого, то для него доступно только изучение теоретического материала, тренинг и тестирование.

Тренинг представляет собой пробное тестирование, суть которого заключается в том, что обучаемый отвечает на представленные ему вопросы по определенным темам. Если во время тестирования была допущена ошибка, то обучаемому будет предложено прочесть ту часть теоретического материала, где находится ответ на неправильно отвеченный вопрос. Автоматически будет открыт текстовый документ с теоретическим материалом именно в том месте, на основании которого был создан вопрос.

Если пользователь вошел в систему под паролем преподавателя, то откроется главное окно программы (рис. 1) и для обучающего доступны настройки программы. В окне имеется группа из 6 кнопок, объединенных под общим названием «Исходные таблицы». Эти таблицы необходимо заполнить данными для функционирования теста.

В области окна «Выбор тем» определяются темы по которым будет проводиться обучение (тренинг, тест). Для формирования вопросов для тренинга и тестирования необходимо нажать на кнопку «Формирование задания». Будут отобраны вопросы только по отмеченным темам. В области окна «Необходимо определить» указывается, сколько вопросов будет использовано для тестирования (тренинга) из сформированных, допустимое количество ошибочных ответов и количество секунд на 1 вопрос (используются только при тестировании).

Кнопка «Обучаемый» позволяет преподавателю смоделировать процесс обучения, т.е. он может пройти все стадии обучения (изучение теоретического материала, тренинг, тест), не выходя из профиля преподавателя. При этом можно увидеть на сколько точно и правильно составлена теоретическая часть, верно ли использованы гиперссылки в текстовом документе, точно ли установлено соответствие вопросов и ответов и др.

После этого проводим дополнительные настройки системы для корректного формирования выходной ведомости (например: наименование ВУЗа, дисциплины, ФИО преподавателя, вид контроля (зачет, экзамен, тест и др.) и др.). Для вызова окна настроек системы в главном окне есть кнопка под названием «Настройка системы». Выходная ведомость может формироваться как для одного человека, так и для группы в целом. После этого система готова к работе.

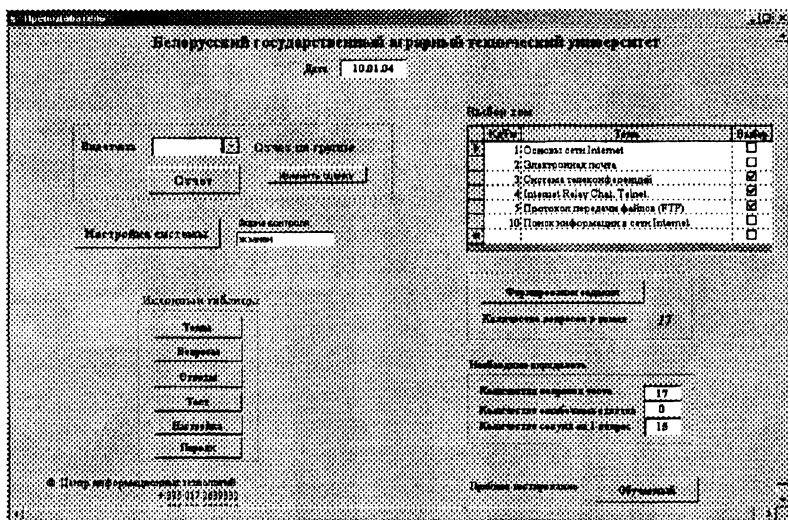


Рис. 1. Главное окно программы LenTest

Отличительной особенностью данного продукта будет интеграция его с создаваемой в университете системой электронного документооборота. В реальной жизни это будет выглядеть так. Создается электронный банк знаний, в котором будут храниться тексты, тесты, мультимедийные файлы по различным областям знаний, созданные по определенным правилам. Создавать их будут непосредственно сами преподаватели. Далее. При подачи документов абитуриентом при поступлении в БГАТУ информация заносится в электронную базу данных. Если абитуриент становится студентом нашего университета, то информация передается в управляющую систему «Факультет» [3], та в свою очередь отправляет информацию в систему «Деканат». Разрабатываемое программное обеспечение для создания электронных учебников и будет работать с этой системой. А именно, получать информацию о студенте (личный номер, ФИО, номер группы и др.). Преподаватель на своем автоматизированном рабочем месте задает тему(ы) по которой будет проходить обучение студент, выполняет некоторые дополнительные настройки (вид обучения - изучение теории, тестирование, тренинг, количество вопросов для теста и др) и система готова для работы. Таким образом, за весь период учебы студентом в университете в электронной базе будет собрана о нем исчерпывающая информация об успеваемости (какие темы изучал, сколько раз сдавал, какие оценки получил, рейтинг и др.).

Разрабатываемый программно-педагогический комплекс может найти свое применение на лекционных, лабораторно-практических занятиях, использоваться для самостоятельной работы, а также большие перспективы для использования в дистанционном обучении. Для этого необходимо оснастить программу дополнительным модулем, который позволял бы работать с глобальной сетью Интернет. Ставить вопрос о разработке такого модуля можно в случае появления потребности университета в данной форме обучения или по запросу сторонней организации.

На данный момент создана бета-версия программного продукта, ее уже можно использовать для учебных целей, однако только в автономном однопользовательском режиме. Сейчас ведутся работы над совершенствованием системы тестирования и тренинга.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тыщенко О.Б. Новое средство компьютерного обучения — электронный учебник // Компьютеры в учебном процессе. — 1999. — № 10. — С. 89–92.
2. Мархель И.И., Овакимян Ю.О. Комплексный подход к использованию технических средств обучения: Учеб.-метод. пособие. — М.: Высш. шк., 1987 — 175 с.
3. Белодед Н.И. Научно-исследовательский проект: «Информаци-

онно-аналитическая система управления учебным заведением». — Минск, 2002.

УДК 004

Н.И. Белодед, И.Н. Шило

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ БГАТУ**

*Белорусский государственный аграрный технический университет  
Минск, Беларусь*

Руководство БГАТУ делает ставку на комплексное развития ИТ, построение АСУ ВУЗ. В ближайшее время будут внедрены подсистемы: «Учебный процесс»; «Научно-исследовательская работа»; «Кадровая работа»; «Научно-техническая информация»; «Административно-хозяйственная деятельность».

Стратегия развития компьютерных технологий базируется на сетевых ресурсах.

Дальнейшими перспективами развития ИТ (сетевых технологий) в университете являются: «Формирование базы знаний дисциплин»; «Формирование базы знаний кафедр»; «Формирование базы знаний факультета»; «Электронная библиотека»; «Дистанционное обучение».

Перед центром информационных технологий поставлена задача создания концепции и построения автоматизированной системы управления, которая объединит разрозненные АРМ университета. Такая система позволит выполнять оперативный сбор, обработку и хранение информации; автоматизировать документооборот; информационно обеспечить работу административно — управленческих подразделений; информационное обеспечение работы учебных подразделений — учебного отдела, деканатов, кафедр; мониторинг нормативно-правовой и справочной информации; формирование, поддержание и организация массового доступа к библиотечному фонду; формирование основ дистанционного обучения и т.д.

Руководство университета уделяет большое внимание информационным технологиям основываясь на том, что они станут прочным фундаментом дальнейшего развития университета, позволят использовать новейшие инновационные технологии в учебном процессе. Это не является открытием руководства университета — это практика подтвержденная развитием образовательных технологий во всем мире. Очевидно, что дистанционное образова-

ние становится сегодня заметной составляющей системы высшей школы Белоруссии. Ежегодно создаются новые центры и институты дистанционного образования. Развитие этой сферы образования не мыслимо без современных информационных технологий. Белорусский государственный аграрный технический университет не остается в стороне от процесса развития дистанционных образовательных технологий. Качество разработанных учебно-методических комплексов и Интернет-ресурса становится важнейшим фактором успеха университета. Дистанционное образование, в свою очередь, становится новым мощным фактором дальнейшего развития университета.

Дистанционное образование, с нашей точки зрения, требует фундаментальной подготовительной работы. Основными этапами должны стать: создание одного (или нескольких?) центров дистанционного образования, определение основных параметров организации обучения с помощью дистанционных технологий. Нашими студентами могут стать студенты не только Республики Беларусь, но и жители ближнего и дальнего зарубежья. В силу ряда обстоятельств, продвижение университета за рубеж представляется чрезвычайно полезным и требует ежегодного усиления. Ощутимой должна стать финансовая отдача дистанционного образования университету. Успех дистанционного образования может быть обусловлен очень точным сочетанием необходимых элементов, правильно подобранным спектром решений и норм.

Первым фактором успеха дистанционного образования является динамика развития университета до настоящего времени. Строительство новых корпусов, открытие факультетов, закупка большого количества научного оборудования и средств электронно-вычислительной техники, привлечение кадров: вся эта динамика и порождает импульс дистанционного образования.

Вторым фактором развития дистанционного образования в БГАТУ может стать введение процентной системы распределения финансовых средств, поступивших в университете в счет оплаты за образование с использованием дистанционных технологий — т.е. мотивация всех занятых в системе дистанционного образования сотрудников университета. Свой процент получают менеджеры по набору, выезжающие в выбранные по многим критериям населенные пункты, авторы учебников, причем выплаты преподавателям за дистанционное обучение должны быть весомыми за учебник по одной дисциплине. И это должна быть не разовая выплата, а ежегодная выплата — «рента».

Третьим фактором станет правильный выбор применяемых новых образовательных технологий. Сегодня при подготовке студента дистанционно мы считаем требуется три технологии: (1) «живые» занятия с выездом преподавателя по ключевым предметам в объеме заочного обучения, «живой» прием экзаменов и зачетов по нашим тестам; (2) предоставление студенту пол-

ного комплекта учебников по всем дисциплинам учебного плана — так называемого «кейса». Считаем, что ставка должна делаться на новый тип учебника — электронный. Электронно-методический учебник должен выполнять тройственную функцию: обучение, тренинг и тестирование; (3) использование телекоммуникационных средств, а именно обучение на базе нашего образовательного Интернет-портала, проведение аудиторных занятий на основе двусторонней видеосвязи с некоторыми филиалами, асинхронное Интернет-вещание из видео- и аудио-архива, сбор студенческих вопросов и работ по электронной почте. Нашим университетом анализируется опыт других вузов (в основном российских и белорусских). Делаются пробные шаги по внедрению опыта (Академия управления при Президенте РБ). Считаем, что основой сегодня является кейс-технология, и ежегодно роль таких информационных технологий возрастает. Сегодня мы рассматриваем дистанционное образование как существенно улучшенную форму заочного обучения, когда студент не только прослушивает несколько часов лекций два раза в год, но получает себе в собственность все учебно-методические материалы, активно учится работать с Интернет. Думаем, что с учетом сегодняшних ажиотажных потоков по престижным специальностям на дневном отделении, дистанционное обучение в ряде случаев может конкурировать даже с дневным обучением, особенно в его филиальном варианте.

Четвертым фактором успеха должно стать предложение — качество дистанционного образования. Причем необходимо стараться поддерживать качество во всем. Прежде всего, это качество учебных материалов. Все учебники созданы как полномасштабные проекты, включающие в себя как курсы лекций, так и массу методических материалов. Хотя мы не спорим, что «краткость — сестра таланта», но мы все-таки исключаем это правило из требований к нашим учебникам, так как считаем, что для усвоения материала студент должен находиться под влиянием «достаточного количества» стимула достаточное время. Поэтому объем учебников должен составлять порядка 25–700 страниц. Университет может себе позволить проводить политику экспансии. Помимо «взрывного» роста численности абитуриентов мы сможем рассчитывать и на «взрывной» рост переводов к нам. Главной мотивация должна стать — качество учебников. Следует заметить, что средний объем дистанционных учебных пособий других вузов составляет порядка 30–150 страниц, что явно недостаточно даже с учетом того, что к каждому тридцатому учебнику эти вузы прилагают диски разной степени удовлетворительности. Нам необходимо постараться ответственно подойти к срокам рассылки, четкости графика и десяткам других моментов в организации учебного процесса, в т.ч. к созданию Интернет-ресурса.

Пятым фактором должно стать структурирование и тщательный подбор кадров в университете, занятых поддержкой дистанционных технологий. Целесообразно в университете создать центр дистанционного образования, затем возможно, при необходимости, он может быть преобразован в Институт дистанционного образования. И центр и Институт дистанционного образования должны быть построены, во многом, как самодостаточные структуры, со своими учебными, экономическими, территориальными, информационными и рекламными службами. Каждый сотрудник тщательно должен отбираться и, при необходимости, быстро заменяться.

Шестым фактором должно стать общее развитие страны в рыночном направлении, что приведет к ужесточениям в трудовом законодательстве, повышению степени занятости людей, имеющих деньги, необходимости их переподготовки и т.д. Все это сделает дистанционное образование более предпочтительным для всех, за исключением выпускников школ (да и то с оговорками).

Седьмым фактором станет тщательное планирование развития и управление системой дистанционного образования.

Став следствием динамичного развития университета, дистанционное образование, окрепнув, само станет новым мощным фактором развития вуза. Оценка значения дистанционного обучения позволяет нам говорить, что в лице дистанционного образования мы имеем дело, по сути, с новым поколением образовательных систем в высшей школе. Судите сами.

Первое, это повышение классности вуза через развитие тяготеющего к нему образовательного пространства. Этот момент имеет качественные и количественные аспекты. Любой вуз является аттрактором некоторой социально-культурной сети, причем мощность такого центра зависит от качества предоставляемых вузом услуг и в свою очередь обуславливает протяженность и плотность поддерживаемой вузом сети. Дистанционное образование позволит БГАТУ создать полную линейку учебников и учебно-методических материалов по многим специальностям, чего вообще говоря никогда не было в региональном вузе. Качество учебного процесса приведет к многократному увеличению географического ареала присутствия вуза, если считать по населенным пунктам проживания студентов, позволит выйти на международный рынок образовательных услуг, значительно увеличить контингент студентов. Бесспорно, велико значение дистанционных технологий для формирования образовательного пространства региона.

Второе, это повышение классности вуза через активизацию технологического и научного развития. Причем сейчас уже даже не стоит говорить о вкладе дистанционного образования в информатизацию учебного процесса



— уже давно понятно, что структуры дистанционного образования становятся реальной базовой структурой информатизации вуза в целом. Можно условно сказать, что информационные технологии поддержки существующей модели учебного процесса — это информационные продукты первого уровня. Уже сегодня дистанционное образование начинает нуждаться в реализации весьма серьезных междисциплинарных научных исследований и опытно-конструкторских работ. К примеру, крупные дистанционные структуры начинают испытывать потребности в разработке весьма новых программных продуктов, способных к интерактивному взаимодействию со студентом с использованием естественных языков. Репетитор, ассистент в обучении, подсказчик, воспитатель, ассистент развития, опекун, секретарь, ассистент настроения, электронный друг, собеседник, ассистент исследователя, экзаменатор, рецензент, юрисконсульт, комментатор — все это заголовки из спецификации требований к программному обеспечению интеллектуального агента. Подобные системы можно назвать продуктами второго уровня. Они, кстати, имеют и двойное назначение: не только поддержку дистанционного образования, но и вывод на рынок новых типов универсальных программных средств. К реализации таких проектов придется привлечь филологов, философов, программистов, математиков, психологов, юристов, физиологов, физиков. Более того, можно прогнозировать потребность в разработке специальных типов аппаратного обеспечения для реализации различных сетевых модулей.

Третье, это повышение классности вуза через улучшение его финансово-экономического состояния, включая сюда, в первую очередь, новую социальную модель вуза. Действительно важным будет являться то, что заметную часть получаемых университетом денег удастся направлять на непосредственные выплаты преподавателям и методистам университета, занятых в деле поддержки дистанционного образования.

Все это сделает дистанционные образовательные технологии важным фактором дальнейшего развития университета.

Дистанционное обучение с позиций системного подхода можно рассматривать как большую сложную систему, включающую технические, программные, людские и материальные ресурсы. Технические ресурсы состоят из средств ВТ и сетевого оборудования. К программным ресурсам относятся все программные средства, осуществляющие и поддерживающие дистанционное обучение в автоматизированном режиме. К людским ресурсам можно отнести самих обучающихся; профессорско-преподавательский состав, осуществляющий разработку учебных программ и методических пособий, а также инженерно-технический персонал, обеспечивающий техническую поддер-

жку учебного процесса. Материальные ресурсы отражают капитальные вложения и эксплуатационные затраты на разработку, развитие и поддержание работоспособности системы дистанционного обучения (СДО).

В качестве целевой функции, определяющей эффективность функционирования СДО, принимается суммарное значение аттестационных оценок для группы обучаемых, которое должно стремиться к максимуму. Для выполнения целевого назначения СДО должна оперативно реагировать на управляющее воздействие. Управляющее воздействие характеризуется совокупностью научно-обоснованных рекомендаций по корректировке и совершенствованию учебных программ и планов, которые получают посредством детальной компьютерной обработки результатов обучения. Таким образом, мероприятия, связанные с оперативной переработкой учебных программ и планов, совершенствованием обучающих программ, являются тем управляющим механизмом, который в целом улучшает показатели функционирования СДО.

В будущем университет связывает перспективы развития дистанционного образования и ИТ с разработкой и построением электронных учебников. Эта ступенька развития университета обязательна. Без нее о дистанционном образовании и инновационных технологиях учебного процесса не может быть и речи.

Наш опыт использования ИТ в учебном процессе и управлении университетом позволяет сделать предложения по совершенствованию развития информационных технологий для системы учебных заведений Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

УДК378.026.9

**Н.И. Витушко**

## **О ВЗАИМОСВЯЗИ УРОВНЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Интеллект более чем другие системы измерений связан со сферами образования и экономики, профессиональной деятельностью и социальной средой. Развитый интеллект членов общества является показателем его здоровья и успешного развития.

Коэффициент интеллекта окончательно не предопределен от рождения и изменяется в некоторых пределах в зависимости от социальных, культурных условий.

Так, например, обнаруживается взаимосвязь между обучаемостью человека и его интеллектуальным развитием. С одной стороны, учение как деятельность, в процессе которой усваиваются знания, умения, навыки, для студентов является «постоянной умственной работой, определяющей общий высокий тонус интеллекта» [4]. С другой стороны, более высокий интеллект отражает более широкие познавательные интересы, большее стремление к получению знаний.

Деятельность требует определенного уровня развития интеллекта, что в свою очередь определяющим образом влияет на процесс его развития и формирования. Учебная деятельность для студентов является основной, поэтому развитие интеллекта происходит в процессе обучения и самообучения и носит динамичный характер.

Упражняемость познавательных функций в процессе умственного труда представляет собой важное условие, в результате которого становится возможным сохранить высокий уровень интеллектуального развития, обеспечивающий успешное продвижение человека по пути усвоения новых знаний и овладения умениями и навыками. В процессе усвоения информации сама умственная деятельность, организуемая в процессе обучения, активизирует все психофизиологические функции, что и является механизмом развития этих функций и интеллекта в целом.

Более высокий уровень интеллекта прямо связан с большей независимостью его отдельных сторон. Это говорит о повышении устойчивости более высокого интеллекта к неблагоприятным обстоятельствам, в которых может происходить его функционирование.

Как показывают исследования (Л.Н. Борисова, 1974), зависимость интеллекта от образования весьма существенна. Разрыв в уровне интеллекта между группами увеличивается по мере повышения образования (рис.1). Наиболее заметные изменения происходят в развитии вербального (словесного) интеллекта, который является более чувствительным к обучению.

Уровень интеллектуального развития связан не только с образованием, но и зависит от тех условий, в которых обучаются учащиеся. Сравнение результатов обследования учащихся, которые обучались в школах, отличившихся по уровню преподавания и развития материально-технической базы, показало значительное влияние этих факторов на интеллектуальное развитие [1].

Для успешного обучения в ВУЗе необходим довольно высокий уровень общего интеллектуального развития, в частности, восприятия, представле-

ний, памяти, мышления, внимания, широты познавательных интересов, уровня владения определёнными логическими операциями. При некотором снижении этого уровня возможна компенсация за счет повышенной мотивации или работоспособности, усидчивости, тщательности и аккуратности в учебной деятельности. Но есть и предел такого снижения, при котором компенсаторные механизмы не помогают.

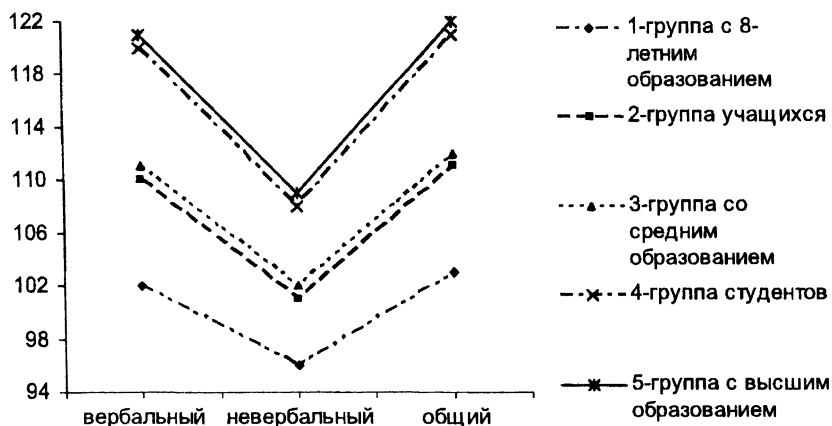


Рис. 1. Образование и уровень интеллектуального развития

Соотношение разных сторон интеллекта отражает своеобразие структуры общего интеллектуального развития студентов разных ВУЗов. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что структура интеллекта студентов, обучающихся в технических ВУЗах, отличается от интеллекта студентов, занимающихся изучением гуманитарных и естественных дисциплин. Следует заметить, что уровень интеллектуального развития в среднем одинаков у студентов всех специальностей. Общим является также большее развитие вербального интеллекта по сравнению с невербальным, однако у студентов технических ВУЗов градиент интеллекта (разница между вербальным и невербальным интеллектом, отражающая степень гармоничности интеллектуального развития) составляет 5–11 уровневых оценок, что значительно меньше по сравнению со студентами гуманитарных и естественных специальностей — 12–20 уровневых оценок [4].

У студентов технических ВУЗов из всех компонентов структуры интеллекта наиболее развита сообразительность, а также логичность практического мышления, которая более всего связана с показателями невербального интеллекта.

Значительные различия структуры интеллекта обнаружены и в зависимости от специальности внутри одной профессии. Это свидетельствует о тесной связи общего интеллектуального развития человека с его специальными способностями, определяющими выбор профессии. В сущности, специфика общего интеллектуального развития и составляет основу специальных способностей.

Разная профессиональная направленность определяет широту познавательных интересов человека, его эрудированность в различных областях науки. Студенты технических ВУЗов, в целом, имеют значительно сниженные познавательные интересы: в области физики и химии — 81% правильных ответов, литературы и искусства — 77% правильных ответов, а в области истории, географии только половина студентов дала правильные ответы.

Кроме достаточно высокого уровня развития интеллекта студенты технического ВУЗа должны обладать рядом специальных интеллектуальных способностей к техническим профессиям. Ведущими компонентами в структуре интеллектуальных способностей будущих инженеров являются уровень развития пространственных представлений, логичность практического мышления, эвристического мышления и быстрота сообразительности. В целом нужно иметь достаточно высокий уровень развития невербального, т.е. действенно-практического интеллекта.

Некоторые личностные качества студентов технических ВУЗов можно отнести к специальным способностям — это критичность ума, общительность, смелость поведения. Им присущи такие качества как отсутствие стремления к доминированию, сознательность, готовность сотрудничать с другими людьми. За время обучения в ВУЗе у будущих инженеров «усиливается интровертированность личности, что сопутствует, как правило, интенсификации умственной деятельности и повышению ее эффективности» [2].

В структуре интеллекта, наряду с вербальным и невербальным компонентами, выделяют технический интеллект, под которым понимают «взаимосвязь комплексных свойств человеческой личности, в основе которых лежит устойчивый интерес к технической деятельности, служащий главной предпосылкой для увеличения технических знаний, приобретения технических умений и навыков, обуславливающих определенный уровень практического мышления и технического воображения» [3].

В процессе учебной деятельности человек находится в состоянии постоянной готовности к интеллектуальному напряжению, ведущему к упражняемости различных сторон интеллекта. Образование представляет некоторый итог процесса обучения, для которого характерен определённый уровень. Это не только уровень знаний, которым овладел человек, но и уровень

интеллектуального развития, развития внутренних механизмов умственной деятельности.

Образование и учебная деятельность, в процессе которой активизируются механизмы умственной деятельности, являются мощным фактором, стимулирующим интеллектуальное развитие человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурлачук Л.Ф. Психодиагностика личности. — Киев: «Здоровье», 1989. — 233 с.
2. Дворяшина М.Д. Интеллектуальные способности и их влияние на успешность учебной деятельности студентов // Человек и общество. — 1983. — Вып. 20. — С. 89–96.
3. Захаров В.П. К вопросу к возрастной изменчивости функций технического интеллекта // Возрастная психология взрослых. — 1971. — Вып. 2 — С.41–45.
4. Комплексное исследование проблем обучения и коммунистического воспитания специалистов с высшим образованием. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. — 247 с.

УДК 378.1.147

Л.И. Гречихин, П.Н. Жогаль, В.И. Пилипенко

### ПРИМЕНЕНИЕ ССД — КАМЕРЫ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В учебном процессе широко используются технические средства для представления информации как в статическом, так и в динамическом режимах, как в черно-белом, так и в цветном изображении [1].

Для представления информации в статическом режиме используются диа-, эпи- и графопроекторные приборы. Такие устройства позволяют демонстрировать большой объем информации, используя кассетный режим с ручным и полуавтоматическим управлением. К недостаткам таких приборов следует отнести:

1. Демонстрация изображения производится только со специальных носителей — слайдов.
2. Воспроизводится информация на специальных экранах.
3. Применение их возможно в специальных помещениях с затемнением.
4. Обладают большим энергопотреблением.

## 5. Достаточно сложны в эксплуатации.

В динамическом режиме информация воспроизводится с помощью киноаппаратуры и с применением телевизионной техники. Показ кинофильмов производится только специально обученным персоналом, а лекционная аудитория оборудуется под кинозал. Информация воспроизводится только с киноплёнки. Технология получения и показа кино сложная и поэтому в учебном процессе такая техника практически не используется.

Телевизионная техника воспроизводит информацию также только со специальных носителей, т.е. с видеокассет. Технология получения видеокассет реализуется в специально оборудованных телестудиях. Воспроизводится информация на телевизоре с ограниченным по размеру экраном. Появление современных видеокамер с одновременной записью звуковых сигналов упростило технологию получения видеокассет, но воспроизведение информации на малом экране по-прежнему не удовлетворяет практику.

По мере развития цифровой обработки информации и ее хранения в цифровом виде в практику воспроизведения информации и ее обработки стали широко внедряться ЭВМ. На смену диапроекторам и графопроекторам пришли мультимедиапроекторы и оверхед-проекторы, которые управляются от ЭВМ. В этом случае информация считывается с дискеты или компакт-диска. Ввод и вывод информации производится в электронном виде и это значительно упростило применение этой техники в учебном процессе. Однако демонстрация необходимой информации на большом экране возможна в специально оборудованных учебных помещениях или кинозалах. Усложнилась техника управления и возросло энергопотребление. Требования к технике безопасности ужесточились. Самое важное, что стоимость применяемого оборудования резко возросла. Все это в совокупности не позволяет широко использовать мультимедийную технику в учебном процессе.

С появлением плазменных панелей и телевизоров с жидкокристаллическим экраном больших размеров появилась возможность оперативно решать проблемы показа информации с любых носителей. Для этого необходимо использовать эти экраны совместно с видеокамерой, с ССД — камерой. Такая комбинация позволяет получать, обрабатывать и воспроизводить информацию без специального освещения в учебных аудиториях.

### 1. Применение видеокамеры совместно с демонстрационным телевизором

Схема такой комбинации приведена на рис. 1. Видеокамера 3 направляется на объект демонстрации 2, размещенного на столе 1. С выхода видеока-

меры 3 сигнал подается на вход демонстрационного телевизора 4. Звуковой сигнал воспроизводится на звуковых колонках 5. Такая схема применения видеокамеры позволяет реализовать эпи- и графопроектирование с одной установкой. Видеокамера позволяет осуществить воспроизведение информации в динамическом режиме со специальной малогабаритной кассетой, либо непосредственно с выхода видеокамеры. Стоимость такой демонстрационной техники значительно ниже аппаратуры с мультимедиапроектором. Аналогичная схема реализуется при использовании вместо видеокамеры цифрового фотоаппарата. В этом случае воспроизведение информации происходит аналогично как это имеет место в диапроекторах, но без применения мощных электроламп и в учебных аудиториях с естественным или искусственным освещением.

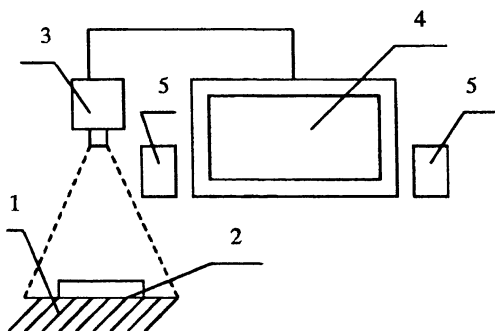


Рис. 1. Принципиальная схема воспроизведения информации с помощью видеокамеры: 1 — стол, 2 — объект демонстрации, 3 — видеокамера, 4 — демонстрационный телевизор, 5 — звуковые колонки

Видеокамерой видеоинформацию можно снимать с экрана жидкокристаллического монитора ЭВМ. В таком варианте динамический режим воспроизведения информации осуществляется с компакт-диска.

#### 1. Применение ССД — камеры совместно с демонстрационным телевизором

ССД — камера более простое устройство, чем видеокамера. Стоимость ССД — камеры значительно ниже стоимости видеокамеры. Возможности демонстрации информации почти такие же как реализованы с применением видеокамеры.

Конкретные схемы реализации съема и воспроизведения информации приведены на рис. 2.



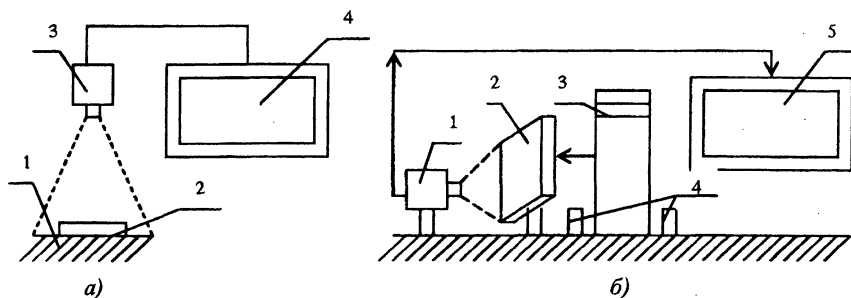


Рис. 2

- а) схема использования ССД-камеры для статической демонстрации изображений в диа- и графопроекционном варианте: 1 — стол, 2 — объект демонстрации (книга, прозрачный слайд), 3 — ССД-камера, 4 — демонстрационный телевизор
- б) схема использования ССД-камеры совместно с ЭВМ и демонстрационным телевизором: 1 — ССД-камера, 2 — монитор с жидкокристаллическим экраном, 3 — системный блок ЭВМ, 4 — выносные звуковые колонки, связанные с основным блоком ЭВМ, 5 — демонстрационный телевизор

В варианте (а) ССД-камера, получаемое видеоизображение в плоскости ПЗС матрицы, преобразует в электрический сигнал, согласованный с работой телевизионной системы, и таким образом на экране демонстрационного телевизора получаем увеличенное изображение. На стандартном листе А4 можно разместить до 12 изображений. Последовательно передвигая их перед объективом ССД-камеры на экране телевизора, воспроизводится эпизодический фильм в цветном или черно-белом изображении.

В варианте (б) ССД-камера регистрирует изображение с жидкокристаллического экрана монитора компьютерной системы и передает это изображение в цифровом виде на вход демонстрационного телевизора, и на его экране получаем изображение в увеличенном виде. В этом варианте реализуется возможность показа информации как в статическом, так в динамическом режимах; как в черно-белом, так и в цветном виде. При демонстрации фильма с компакт диска звуковой сигнал воспроизводится звуковыми колонками, которые совмещены с системным блоком ЭВМ.

Таким образом, применение ССД-камеры совместно с ЭВМ и демонстрационным телевизором позволяет воспроизводить информацию с любого носителя: книга, листы бумаги, прозрачный слайд, долговременная и оперативная память ЭВМ, дискета, компакт диск, Internet. Такая демонстрацион-

ная система не требует специального освещения и специально оборудованного учебного помещения. Стоимость системы определяется выбором комплектующих элементов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гречихин Л.И. Курс лекций по дисциплине «Техническим средствам обучения». Ч.1. Демонстрационные статические и динамические технические средства обучения: Учеб. Пособие. / Л.И. Гречихин. — Мн.: УП «Технопринт», 2001. — 80 с.

УДК 378.73

Е.А. Гриневич

### **СФОРМИРОВАННОСТЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ КУРАТОРА СТУДЕНЧЕСКОЙ ГРУППЫ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Цель нашего опытно-экспериментального исследования — диагностика системы формирования профессиональной самостоятельности (ПС) куратора студенческой группы технического вуза в процессе обучения на курсах ПК. По нашему определению, **профессиональная самостоятельность** — это интегративное качество личности, определяющее способность принимать и реализовывать целесообразные обоснованные педагогические решения и готовность нести за них полную ответственность [1].

Были исследованы конкретные группы слушателей курсов ПК РИИТ БНТУ в количестве — 216 человек. В результате проведенной диагностики было выяснено, что около 65% слушателей считают, что получают хорошие знания и навыки по общепедагогическим дисциплинам. Хуже с приобретением знаний по дисциплинам воспитательной направленности. 35% слушателей считают, что знания по дисциплинам воспитательной направленности им не пригодятся. Всего лишь около 15% слушателей проявляют интерес к знаниям по теории и методике воспитательной работы, 80% - желали бы основательно изучить работу ЭВМ, 30% - менеджмент, 10% - заняться углубленным изучением иностранных языков. Одной из причин неэффективного обучения слушателей курсов ПК дисциплинам воспитательной направленности является отсутствие у ряда слушателей способностей к вос-

питательной деятельности как таковой. Другая причина - это слабая мотивация, при этом слушатели высказывали мнение о не востребованности полученных знаний в непосредственной профессионально-педагогической деятельности. **Недостаточная мотивация** — серьезный пробел сложившейся системы обучения слушателей различным предметам, но чаще всего дисциплинам педагогической направленности в рамках повышения квалификации в технических вузах. При опросе слушателей, 79% высказались за значимость ПС как профессионально-значимого качества личности куратора и необходимость его формирования на курсах ПК, 10% недооценили значимость ПС, при этом они считают, что не каждый слушатель может сформировать у себя ПС, а только тот, кто стремится к этому в процессе обучения. Особую роль слушатели отводили деятельностиной подготовке, 2% высказали безразличное отношение к значимости ПС. Констатирующий эксперимент позволил установить фактический уровень ПС. Были выявлены качества, которыми, по мнению слушателей, должен обладать куратор. Слушатели оценивали значимость качества и наличие данного качества у себя по пятибалльной системе.

Таблица 1

| № | Качества личности куратора студенческой группы                                  | Значимость качества | Наличие качества у себя |
|---|---|---------------------|-------------------------|
| 1 | Глубокие профессионально-педагогические знания                                  | 4,9                 | 3,2                     |
| 2 | Общая культура  | 4,2                 | 3,9                     |
| 3 | Профессионально-педагогическая активность                                       | 4,4                 | 4,1                     |
| 4 | Профессиональная самостоятельность  | 4,4                 | 3,5                     |
| 5 | Инициативность  | 4,1                 | 3,8                     |
| 6 | Настойчивость и упорство в профессионально-педагогическом самосовершенствовании | 4,3                 | 3,2                     |
| 7 | Умение ориентироваться в современной науке                                      | 4,3                 | 3,4                     |
| 8 | Способность принимать обоснованные решения                                      | 4,1                 | 3,2                     |
| 9 | Готовность нести полную ответственность за свои решения                         | 4,5                 | 3,3                     |

Анализ данных, приведенных в табл. 1 показывает, что большинство опрошенных высоко оценивают значимость ПС как профессионально-значимого качества личности куратора (4,4), но в то же время слушатели отмечают низкий уровень наличия данного качества у себя (3,5) и считают необходимым формирование ПС как одного из главных качеств педагога. Слушатели высоко оценивают значение профессиональных знаний (4,9), общей культуры (4,2), профессиональной активности (4,4), инициативности (4,1), настойчивости (4,3), умения ориентироваться в науке (4,3), способности принимать целесообразные обоснованные решения (4,1) и готовность нести за них полную ответственность (4,5). Таким образом, на первое место слушатели выдвигают значимость профессионально-педагогических знаний. У самих слушателей, по их же оценке, перечисленные качества развиты слабо.

В связи с этим, возникает вопрос, с какими трудностями слушатели встречаются в ходе самостоятельной работы.

Таблица 2

**Затруднения, связанные с выполнением самостоятельных работ**

| Затруднения   | %    |
|---|------|
| Не хватает времени  | 68,4 |
| Неудобное расписание  | 26,3 |
| Плохие условия для внеаудиторных занятий                      | 10,5 |
| Не хватает силы воли, усидчивости                             | 47,4 |
| Есть пробелы в знаниях  | 31,6 |
| Недостаточно усвоены методы организации умственного труда     | 10,5 |
| Собственный плотный график учебных занятий в течение семестра | 74,7 |
| Нет привычки работать самостоятельно                          | 49,3 |

Как видно из табл. 2, основные трудности в реализации слушателями самоподготовки связаны с отсутствием необходимого количества времени (68,4%). Возникает эта проблема из-за того, что у многих слушателей собственный достаточно плотный график учебных занятий (74,7%), отсутствует привычка работать самостоятельно (49,7%), без постоянного контроля извне, недостаточно стремления и усидчивости (47,4%). Следовательно, необходимо ориентировать слушателя на самостоятельную работу, научить его методам планирования собственного времени, способам быстрого усвоения информации и выделения из нее самого необходимого. Опираясь на эти требования, мы определили методику опытно-экспериментальной работы и условия ее проведения. Была разработана систе-

ма учебной деятельности в группах слушателей курсов ПК из числа преподавателей БНТУ, БГАТУ, БГУИР. Опытнo-экспериментальная работа проводилась в естественных условиях учебного процесса в ходе собственной преподавательской деятельности. Для оптимизации результатов мы условно определили 2 выборки - экспериментальную и контрольную. Со слушателями из *контрольной выборки* занятия проводились в традиционной форме с периодическим, бессистемным использованием отдельных компонентов предлагаемой нами системы формирования ПС. Занятия со слушателями из *экспериментальной выборки* проводились в рамках выдвигаемой нами системы формирования ПС с поэтапной реализацией всех ее компонентов во взаимосвязи и взаимозависимости. Экспериментальную выборку составили 74 слушателя из 12 факультетов, а контрольную выборку – 59 слушателя из 10 факультетов. Все слушатели из одной генеральной совокупности, следовательно, однородны. Первые замеры были сделаны в каждой группе на начальном этапе обучения на курсах ПК с тем, чтобы выявить исходный уровень ПС каждого испытуемого для определения динамики ее развития. Определение уровня сформированности ПС производилось методом экспертных оценок.

Проведя глубокий анализ психолого-педагогической литературы и используя практические наблюдения, мы выделили 5 показателей, с помощью которых можно с определенной степенью достоверности судить об эффективности системы формирования ПС на практике. *Эти пять показателей мы расположили по значимости: 1.* самостоятельность в применении имеющихся знаний и умений; **2.** Качество имеющихся знаний и умений, их глубина, системность; **3.** Профессиональный интерес; **4.** Желание проявлять активность в процессе профессионального обучения; **5.** Способность иметь, высказывать и грамотно обосновывать свою точку зрения [2].

Мы предложили группе экспертов из шести человек (преподаватели, которые работали на курсах ПК) оценить слушателей по каждому из этих показателей по пятибалльной системе (с выставлением оценок от «1» до «5» баллов). Причем эксперты проводили оценку как контрольной так и экспериментальной групп по одним и тем же показателям. По одной и той же схеме, по каждому показателю были проведены констатирующий и формирующий эксперименты. Всех испытуемых мы условно разделили на 3 группы по уровню сформированности ПС: **1.** Слушатели с высоким уровнем ПС (*творческий уровень*); **2.** Слушатели со средним уровнем ПС (*конструктивный уровень*); **3.** Слушатели с низким уровнем ПС (*репродуктивный уровень*).

Таблица 3

**Соотношение испытуемых по уровням сформированности ПС  
в начале и в конце опытно-экспериментальной работы  
(в % от общего числа слушателей участвовавших в эксперименте)**

| Уровни сформированности ПС | Экспериментальная выборка<br>74 слушателя |            | Контрольная выборка<br>59 слушателей |            |
|----------------------------|---|------------|--------------------------------------|------------|
|                            | Конс. экс.                                | Форм. экс. | Конс. экс.                           | Форм. экс. |
| Творческий                 | 8,1%                                      | 14,9%      | 8,5%                                 | 11,8%      |
| Конструктивный             | 32,4%                                     | 60,8%      | 30,5%                                | 42,4%      |
| Репродуктивный             | 59,5%                                     | 24,3%      | 61,0%                                | 45,7%      |

*Первую группу* составили слушатели, набравшие в среднем по всем показателям от 4,5 до 5,0 баллов. Таких слушателей в начале эксперимента оказалось 6 человек в экспериментальной выборке, что составляет 8,1% от общего числа слушателей в экспериментальной выборке, и 5 человек в контрольной, что составляет 8,5% от общего числа слушателей в контрольной выборке. Для слушателей этой группы *характерно* наличие устойчивого желания проявлять активность в процессе обучения. Все они имеют свою сформировавшуюся точку зрения относительно проблем, возникающих в ходе процесса обучения, которую они всегда целесообразно и обоснованно высказывают, не нуждаясь в помощи со стороны преподавателя в применении собственных знаний и умений в различных профессиональных ситуациях. Также *творческий уровень* сформированности ПС подтверждается постоянным интересом к профессионально-педагогической воспитательной деятельности, высоким качеством общеобразовательных знаний и умений, адекватностью эмоционально-волевого состояния во всех ситуациях.

Слушатели, которых мы отнесли ко *второй группе*, набрали от 3,5 до 4,5 баллов, чем продемонстрировали достаточно выраженный *конструктивный уровень* профессиональной самостоятельности. Таких соответственно оказалось 24 и 18 человек, что составило соответственно 32,4% и 30,5%. Эти слушатели продемонстрировали регулярное проявление желания быть активными в процессе обучения, но лишь в типичных, знакомых для них ситуациях. Во всех остальных случаях это желание было ситуативным. Обоснованное высказывание своей точки зрения, проявление профессионального интереса, самостоятельное применение системы профессиональных знаний и умений, адекватность эмоционально-волевого состояния у слушателей данной группы проявлялись лишь в отдаленно типичных, относительно схожих

ных условиях по сравнению с рассмотренными и проанализированными ранее ситуациями.

В *третью группу* вошли слушатели, набравшие от 0 до 3,5 баллов. В экспериментальной выборке таких оказалось 44 человека (59,5%), а в контрольной - 36 человек (61,0%). Все слушатели из этой группы с низким *репродуктивным уровнем* развития ПС. Их отличительной особенностью является ситуативное проявление активности в процессе учебной деятельности, редкое высказывание своего мнения, применение знаний и умений в различных ситуациях только с помощью преподавателя или других слушателей. Слабое проявление профессионального интереса, знания на уровне фактов; а умения — воспроизводящие. Для этих слушателей характерно частое неадекватное эмоционально-волевое состояние.

В *конце* опытно-экспериментальной работы ситуация изменилась следующим образом. Слушателей с творческим уровнем развития ПС оказалось 11 человек в экспериментальной выборке, что составило 14,9% от общего числа слушателей в экспериментальной выборке, и 7 человек в контрольной, что составило 11,8% от общего числа слушателей в контрольной выборке. Слушателей, продемонстрировавших достаточно выраженный конструктивный уровень ПС соответственно оказалось 45 и 25 человек, что составило соответственно 60,8% и 42,4%. Слушателей с репродуктивным уровнем развития ПС в экспериментальной выборке оказалось 18 человека (24,3%), а в контрольной - 27 человек (45,7%).

У слушателей *экспериментальной выборки* отчетливо прослеживается тенденция существенного увеличения слушателей с творческим и конструктивным уровнем. По результатам констатирующего эксперимента доминируют слушатели с конструктивным уровнем развития ПС, хотя по результатам формирующего эксперимента доминирующими являлись слушатели с репродуктивным уровнем. В контрольной выборке ситуация существенно отличается от ситуации в выборке экспериментальной. Тенденция роста доли слушателей с творческим и конструктивным уровнем в контрольной выборке гораздо ниже, чем та же тенденция в экспериментальной выборке. Доминируют же в контрольной выборке слушатели с репродуктивным уровнем развития ПС.

На основании вышеизложенного можно сделать **вывод** о том, что рабочая гипотеза нашего исследования полностью подтвердилась, формирование ПС кураторов технического вуза в процессе обучения на курсах ПК происходит наиболее эффективно при условии реализации стройной системы формирования профессиональной самостоятельности в практической учебной деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Grinevich Helena. Adult education in Belarus. What are the news? // Theory and research in Europe. – Oslo university, 1995. – P. 225-240. 2. Grinevich Helena. Regional peculiarities of the europesiation of the professional education system. – Kaunas, 1996.

УДК 159.9

О.В. Данильчик

### РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Развитие творческого мышления студентов относят к одной из наиболее важных психолого-педагогических проблем. Только в процессе творческой деятельности можно сформировать личность, испытывающую потребность в самостоятельном научном поиске и обладающую способностями к нему. Творческое мышление — это один из видов мышления, характеризующийся созданием субъективно нового продукта и новообразованиями в самой познавательной деятельности по его созданию[1]. Творческое мышление характеризуется оригинальностью, гибкостью, легкостью в решении задач.

Наиболее эффективным приемом в формировании творческого мышления служит проблемное обучение, при котором не просто сообщаются готовые выводы, а воспроизводятся реальные проблемные ситуации, существовавшие в научном познании.

Для активизации творческого мышления студентов, ряд теоретических положений, излагаемых в лекциях, целесообразно давать кратко, с указанием провести подробные доказательства самостоятельно. Для развития креативности студентов преподавателям желательно разрабатывать дополнительные упражнения, решение которых требует творческого подхода к изучаемому материалу; предлагать изучать некоторые вопросы более глубоко и с точки зрения, отличной от излагаемой в лекциях; отдельные темы выносить целиком на практические или семинарские занятия. Преподаватели любой кафедры должны стремиться научить студентов ориентироваться в потоке научной информации, привить умение самостоятельно пополнять свои знания.



Всему этому способствует чтение студентам младших курсов таких дисциплин, как «Введение в специальность», «Основы научных знаний», «Методика научно-исследовательской работы», назначение которых — введение студентов в лабораторию научного поиска, ознакомление с современными методами научной работы, привитие им исследовательских навыков [2].

Метод проблемного обучения применяется при выполнении студентами индивидуальных заданий. Эти задания представляют собой, как правило, подборку упражнений и задач. Хорошо, когда задачи имеют несколько завуалированных целей, а не только прямые; когда основное внимание в задачах уделено на изыскание средств и новых способов решения. Академик П.Л. Капица, характеризуя такие учебные задачи, требующие творческого мышления и самостоятельной инициативы студентов, пишет, «что они не имеют определенного законченного ответа, поскольку студент может по мере своих склонностей и способностей неограниченно углубляться в изучение поставленного вопроса» [3]. Именно эта возможность таит в себе особенно перспективные пути формирования самостоятельности и активности мышления студентов, оригинальности и находчивости их ума. Однако большинство используемых сейчас в высшей школе учебных задач и упражнений не обеспечивают этих требований к умственной деятельности. До последнего времени значительная часть учебных задач и упражнений строится не только без учета данного требования, но и вообще без расчета на интенсивное формирование постепенно развивающейся мыслительной активности студентов. Довольно часто эти задачи преследуют цель дать студентам как можно больше знаний в какой-либо области науки, не считаясь с тем, что большой поток учебной информации вступает в антагонистическое противоречие не только с наиболее рациональными методами мыслительной деятельности студентов, но и с самыми элементарными нормами гигиены их умственной деятельности. Это, в конечном итоге, может привести вместо подлинной самостоятельности, инициативы и оригинальности ума к умственной беспомощности, хаотической торопливости при встрече с трудностями и стереотипности в процессе применения накопленных знаний. Часто в своей учебной работе студенты оказываются не в состоянии не только безгранично углубляться в изучение поставленного вопроса, но даже мысленно не могут сколько-нибудь отступить от предъявленной им первоначально сформулированной цели, тогда как именно в умении мысленно «отойти» от ее исходной постановки и таится часто более правильное решение задачи. В подавляющем большинстве случаев студенты вузов проявляют такую беспомощность не по причине ограниченности своих умственных возможностей, а прежде всего потому, что сам подход преподавателей к учебной работе со студентами, сам прин-

тип построения учебных задач в существующих задачниках к «отходу» от исходной цели в достаточной мере не стимулирует. Вопросы и цели в задачах нередко строятся в таких категоричных формулировках, что студенты одну из частных постановок вопросов принимают за единственно возможный вариант и в дальнейшем ориентируются только на этот локально сформулированный вопрос, даже не думая, что данную задачу можно решить другим способом [3].

В настоящее время пишется достаточно много учебных пособий, в которых учтены современные требования, и в которых ставится цель научить студента мыслить творчески. Но таких учебников не хватает в вузах и приходится учить студентов по имеющимся учебным пособиям, несмотря на их недостатки.

Большую роль для развития творческого мышления имеет самостоятельная работа студента над выполнением курсового проекта. Курсовой проект предполагает самостоятельную работу познавательного-критического типа и приближение к жизненным реальностям. В данном случае студент, опираясь на свои знания, жизненный опыт, под руководством преподавателя пытается создать нечто новое, оригинальное, проявить себя как личность. Процесс выполнения курсового проекта носит ярко выраженный психолого-педагогический характер. При этом хорошо, когда учитываются интересы студентов при выборе руководителя курсового проекта, а не пофамильное закрепление студентов за преподавателями, что резко снижает мотивационно-творческую активность студентов.

Сотрудничество студента с преподавателем при выполнении курсового проекта может носить различный характер. При высоком научном интересе студента проявляется высокая степень самостоятельности и творческое мышление, стиль руководства проектом со стороны преподавателя носит консультативный характер. При мотивации студента доказать что-то себе или другим наблюдается средняя степень самостоятельности, логический вид мышления, средний уровень способностей; при этом стиль руководства проектом носит руководящий характер. При консультативном подходе наблюдается информационный аспект творческого сотрудничества, т.е. информационное сопровождение работы над проектом, которое помимо имеющихся информационных знаний руководителя и студента, включает уровень информационно-библиографической ориентации в библиотеках, различных изданиях, степени их доступности, способности найти не только профильные, но и смежные источники. Руководящий стиль наблюдается достаточно часто, когда студенты не подоготовлены к самостоятельной работе, и чем слабее знания студента, тем более консультации носят характер опеки преподавателя над студентом.

Одной из форм самостоятельной работы, способствующей развитию творческого мышления, является учебно-исследовательская работа студента (УИРС). УИРС ставит целью обеспечить участие всех студентов факультета в научно-исследовательской работе, при которой научные исследования включаются в учебный процесс. Научно-исследовательская работа позволяет студенту получить новые научные результаты, имеющие практическую значимость, участвовать в изобретательской деятельности, в выставках, конкурсах, в написании тезисов докладов и научных статей, которые могут быть представлены на студенческих, республиканских и международных конференциях, а также опубликованы в периодических научных журналах, трудах конференций и других сборниках статей.

В 2003 году проведены исследования по изучению уровня развития творческого мышления студентов БНТУ, в исследовании приняло участие 120 человек (1 и 4 курсов). Формирование выборки осуществлялось по принципу добровольного участия. Исследование включало несколько этапов сбора данных. Участников исследования тестировали по набору методик подобранных применительно к целям и задачам исследования.

Для изучения уровня развития творческого мышления использовались следующие методики: тест «Креативность», разработанный Н.Ф. Вишняковой; тест-опросник «Каков ваш креативный потенциал?», разработанный В.А. Ганзеным, К.Б. Малышевым, Л.В. Огинцом; уровень когнитивной гибкости мышления определялся с помощью методики А.С. Лачинса. Результаты обрабатывались методами параметрической статистики. Для оценки значимости различий между выборками 1-го и 4-го курсов использовался t-критерий Стьюдента.

Проведенные исследования показали, что в процессе обучения в вузе у студентов развивается креативность, в частности, творческое мышление. Уровень творческого мышления у студентов 4-го курса значительно выше, чем у 1-го. Эту гипотезу подтверждают все используемые в исследовании методики. Исходя из этого, можно утверждать, что в процессе обучения в вузе у студентов развивается творческое мышление. Можно отметить, что студенты 1-го курса более склонны переоценивать свои творческие возможности (в частности, уровень творческого мышления), чем студенты старшего курса.

По результатам тестирования можно отметить, что личностные характеристики, способствующие развитию творческого мышления, за время обучения студентов в вузе не претерпевают существенного изменения. Можно предположить, что процесс обучения в вузе не всегда способствует раскрытию личностных характеристик, влияющих на креативность студентов. У многих

студентов наблюдается высокий уровень критичности к себе, нетерпимость в ситуации неопределенности, желание на многие ситуации и задачи иметь универсальные ответы, которые строятся и отвечают определенным правилам. К личностным характеристикам, способствующим развитию творческого потенциала студентов можно отнести: уверенность в себе, жизненную активность, эмоциональность.

Многие студенты достаточно критично относятся к педагогическому процессу в вузе и считают, что вуз не дает в полной мере студенту реализовать свой творческий потенциал.

Для определения влияния проблемного обучения на развитие творческого мышления был проведен тренинг со студентами 1-го курса в рамках практических занятий по курсу «Основы психологии и педагогики». Для исследования статистически достоверных различий между результатами первого и второго эксперимента контрольной группы использовался Т-критерий Вилкоксона.

По результатам исследования можно предположить, что тренинг повлиял на некоторые составляющие креативности. Даже если и нет значимых различий, то можно говорить о тенденции к развитию. Можно предположить, что на развитие творческого мышления повлияли задания в тренинге, направленные на снятие эмоционально-психологических барьеров, развитие уверенности в себе.

Результаты тренинга показали, что решение проблемных задач развивает творческое мышление, в частности сказывается на гибкости мышления. Можно отметить, что значительные изменения результатов наблюдаются у студентов, имеющих первоначально низкие и средние показатели. Ведущий профиль мышления, как показали исследования, значительно не влияет на проявление креативности.

Подводя общий итог, можно отметить следующее: как показали исследования и по мнению многих ученых (Д.Б. Богоявленской, В.Н. Дружинина, А.Ф. Эсаулова и др.) для улучшения развития творческого мышления студентов в процессе обучения в вузе требуется: моделирование креативной стратегии и имитационной тактики обучения; создание условий творческого микроклимата и проблемной ситуации; реализация сотворческого взаимодействия, выбор стратегии и тактики решения проблем косвенными методами воздействия с применением инновационных технологий; моделирование креативной практики в процессе имитационного моделирования учебного процесса и осознания самостоятельно полученного результата виде личностно креативных преобразований; достижение креативно-личностного результата в процессе самоактуализации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Психологический словарь / Под общ. Ред. А.В. Петровского, М.Г. Ярошевского — М.: Политиздат, 1985. — 431 с.
2. Манак И.С. Взаимосвязь учебной, научной и самостоятельной работ в СНИЛ// Высшэйшая школа — № 5 — 2001. С 53—58.
3. Эсаулов А.Ф. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов. — М.: Высшая школа, 1982. — 250 с.

УДК 621.88.084

Н.В. Демьянкова

### МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ

*Белорусский государственный аграрный технический университет  
Минск, Беларусь*

В настоящее время во всем мире наблюдается тенденция перехода от репродуктивной системы обучения к креативной. То есть от обучения, когда обучаемому сообщается сумма фактов, которые он должен запомнить и, связав логически, представить в какой-либо информационной форме, к системе, когда перед студентом ставится задача, и он сам отбирает и обрабатывает информацию, необходимую для ее решения. Такой технологией как раз и является модульное обучение.

Модульная технология обучения позволяет организовать учебный процесс на принципиально новой основе и обеспечить новое качество образования, соответствующее принципам развивающего или опережающего обучения. Оно ориентирует образовательные структуры на личность, как на активный действующий субъект, делает процесс подготовки специалистов гибким, динамичным, вариативным, чутко реагирующим на изменения потребностей общества и образовательные потребности индивида. Благодаря модульному обучению возможно осуществление индивидуализации обучения, формирование индивидуальных учебных планов практически для каждого студента, делая их в будущем «штучными» высококлассными специалистами, то есть реализовать на практике возможности декламируемые гуманистическим принципом «self made man».

Модульное обучение заключается в разбивке всего учебного материала на отдельные взаимосвязанные учебные элементы, каждый из которых представляет собой специально разработанный и соответственно оформленный

изучаемый вопрос. С помощью компьютерной и множительной техники модули сравнительно оперативно могут быть разработаны, а в случае необходимости легко корректируются, расширяются или вообще изымаются из учебного процесса.

Основными мотивами внедрения в учебный процесс модульного обучения могут быть:

1. гарантированность достижения результатов обучения;
2. паритетные отношения преподавателя и студентов;
3. возможность работы обучаемых в парах, в группах;
4. возможность общения с товарищами;
5. возможность выбора уровня обучения;
6. возможность работы в индивидуальном темпе;
7. раннее предъявление конечных результатов обучения;
8. «мягкий контроль» в процессе освоения учебного содержания.

При модульном обучении минимальной единицей учебного процесса выступает не урок, а цикл уроков — модуль. Несмотря на то, что модульное обучение появилось около полувека тому назад, и многие ученые-педагоги разрабатывали его содержание, общепринятой дефиниции понятия «модуль» пока не существует. Разные авторы вкладывают в это понятие различное содержание, что ведет, во-первых, к размыванию самого понятия, во-вторых, к разночтению. Понятие «модуль» не является новым в технологиях обучения. Общий термин «модуль» (от лат «modulus» — мера) в педагогику пришел из информатики, где «модуль» — это функциональный узел, законченный блок информации, пакет. По мнению основателя модульного обучения Дж. Расселла, модуль — это «учебный пакет, охватывающий концептуальную единицу учебного материала и предписанных учащимся действий» (1974) [5]. На конференции 1982 в докладе ЮНЕСКО дается такое определение этому понятию: «модуль — изолированный обучающий пакет, предназначенный для индивидуального или группового изучения для того, чтобы приобрести одно умение или группу умений путем внимательного знакомства и последовательного изучения упражнений с собственной скоростью» [6]. П.А. Юцявичене определяет модуль как «блок информации, включающий в себя логически завершенную единицу учебного материала, целевую программу действий и методическое руководство, обеспечивающее достижение поставленных дидактических целей» (1990)[4].

Модульное обучение, возникшее как альтернатива традиционному, интегрирует в себе все то прогрессивное, что накоплено в педагогической теории и практике. Причем, по словам М. Чошанова, дидактическая система модульного обучения «способна аккумулировать в себе достоинства интегрируемых теорий и одновременно гасить и нивелировать их недостатки»[3].

Поэтому положительные отличия модульного обучения от других систем обучения заключаются в том, что у обучаемого формируются навыки самообразования, самооценки и самоорганизации. Это дает возможность самому студенту выбрать индивидуальный темп обучения, содержание учебного материала, формы организации познавательной деятельности, соответствующие его возможностям, определить уровень усвоения учебного материала, самому видеть и ликвидировать пробелы в своих знаниях. Студент четко представляет результат, к которому необходимо стремиться, цели изучения каждого модуля, он знает формы и способы контроля, с помощью которых достигается цель. Постоянный самоконтроль помогает правильно организовать дальнейшую работу, закрепить успешные действия, выявить причину затруднения в изучении конкретного материала и самостоятельно ее исправить. Важно, что обучаемый имеет возможность в большой степени самореализоваться, и это способствует мотивации учения. Модульное обучение гарантирует каждому ученику освоение стандарта образования и продвижения на более высокий уровень обучения. Также модульная технология помогает развивать такие качества личности обучаемого как самостоятельность и коллективизм, так как на модульном занятии студенты могут работать индивидуально, парами и в группах постоянного и переменного состава.

Общеизвестно, что никакое обучение невозможно без контроля, анализа и коррекции, причем в сочетании самоуправлением учением со стороны обучаемого. Рекомендуется проводить входной контроль перед каждым модулем, текущий и промежуточный контроль, выходной контроль по окончании работы с модулем. Входной контроль (целесообразно применение метода тестирования), позволяет определить уровень базового опыта студентов, а также используется с целью выбора необходимых учебных элементов для индивидуализированного построения материала модуля и субъективного осознания отдельными обучающимися реальных знаний и умений. Текущий и промежуточный контроль (при переходе от одного учебного элемента к другому) позволяют выявить пробелы в усвоении учебного материала и устранить их сразу. При этом эти виды контроля могут проходить в виде само- и взаимоконтроля. Методом тестирования определяется уровень усвоения каждого отдельного модуля — выходной контроль.

Введение модулей в учебный процесс нужно осуществлять постепенно, возможно сочетая традиционную систему обучения с модульной. Так как модуль состоит из числа его учебных элементов, то каждый из них может быть оценен соответствующим количеством баллов. Поэтому модульная технология отлично сочетается с рейтинговой системой оценки знаний.

О достоинствах этой системы можно говорить много, но наиболее весомым из них является то, что у обучаемого отсутствует страх перед учебным материалом, предстоящими усилиями, возможными неудачами. Кроме того, ученик всегда владеет ситуацией успеха или неуспеха и вовремя может ее скорректировать, так как четко представляет себе, над еще нужно поработать. В результате отодвигается мотив отметки в учебной деятельности, уступая место мотиву познавательному [2].

Кроме того, если под понятием «рейтинг» понимать оценку, ранг, класс, разряд (от «to rate» — оценивать), то при модульно-рейтинговом обучении в первую очередь мы оцениваем не репродуктивную деятельность, а творческий поиск обучаемого, процесс его самораскрытия, самопознания, самоопределения и личностно-профессионального самостановления как компетентного специалиста. Существует четыре модели применения рейтингового контроля учебной деятельности [1].

1. За основу подсчета рейтинга берутся еженедельные зачеты, результаты которых суммируются в учебный рейтинг студента.

2. Для оценки успеваемости студентов используется система зачетных часов (зачетных единиц).

3. После изучения каждого модуля проводится письменная рейтинговая контрольная работа. Сумма полученных баллов за контрольные работы составляет рейтинговую оценку студента. Однако такая система контроля недостаточно активизирует учебную деятельность студента на протяжении изучения модуля.

4. Все результаты на этапах поточного, тематического контроля знаний и умений оцениваются в баллах и суммируются от этапа к этапу, формируя рейтинг студента. Кроме того, активность, самостоятельность, мобильность, творчество и инициативная самореализация стимулируются призовым фондом, введенным преподавателем. Правила рейтинговой оценки знаний должны быть хорошо известны студентам и преподавателям, и не меняться в процессе изучения предмета. С первого дня работы по данной системе студенты знают перечень модулей, а также количество включенных в них видов заданий, их трудоемкость в баллах и сроки их выполнения. Такой подход в наибольшей мере позволит проектировать учебную среду, которая образует условия для субъект-субъектных отношений между студентами и преподавателями.

Теоретические основы четвертой модели модульно-рейтинговой системы обучения основываются на вариативном построении содержания обучения, сотворческой индивидуализированной самостоятельной учебно-познавательной деятельности, как студента, так и преподавателя.



Преподаватель разрабатывает шкалу оценок качества выполненных студентом заданий в процессе изучения им данного предмета. Величина оценки выбирается самим преподавателем, он описывает, при каком качестве выполнения данного задания какая студенту положена оценка. Сумма всех максимально возможных оценок за выполнение каждого задания в течение семестра дает максимально возможную семестровую сумму, а по окончании изучения предмета, например, в течение нескольких семестров, накапливается итоговая предметная рейтинговая сумма — предметный рейтинг студента. Однако необходимо помнить и о тех условиях, которые при шкалировании должны неукоснительно соблюдаться. Шкала, во-первых, должна создаваться с учетом возрастных особенностей студентов. Во-вторых, соответствовать уровню подготовки аудитории. В-третьих, быть достаточно гибкой и лично ориентированной, позволяющей учитывать индивидуальные особенности студентов. И, в-четвертых, при пользовании ею ни в коем случае не должен нарушаться принцип «50/50» — устных и письменных видов работы должно быть поровну.

Перед началом учебного процесса для студентов вывешивают унифицированную предметную рейтинговую шкалу и перечень требований к качеству выполнения контрольных заданий. В ходе учебного процесса рядом с этими двумя документами вывешивают списки студентов с показателями рейтинговых приращений в течение прошедшего месяца. То есть осуществляется ежемесячный мониторинг успешности обучения студентов по данному предмету, который активизирует самостоятельную работу студента.

Шкала рейтинговых оценок известна и преподавателю и студенту. Преподавателю остается только сопоставить качество выполнения студентами контрольных заданий и выставлять рейтинговые оценки. Таким образом, исчезает фактор предвзятости преподавателя, субъективизм, побуждающий студента адаптироваться к «слабости» преподавателя ради получения положительной оценки. В результате у студента возникает желание готовиться к занятиям творчески, с большей интеллектуальной самоотдачей.

Преподаватель завершает обучение студента по рейтинговой системе сдачей конечной ведомости, в которой с итоговым предметным рейтингом каждому студенту выставляется его итоговое ранг-место, которое он занял по данному предмету среди студентов его группы, и итоговую пятибалльную (десятибалльную) оценку.

Следовательно, модульно-рейтинговое обучение — профессионально-личностное, сориентированное на подготовку компетентного специалиста. В его основе лежат персонализированная учебно-познавательная творческая деятельность субъектов учебно-воспитательного процесса. Оно стимулирует

ет их профессиональное и личностное самоопределение, повышает ответственность за результаты обучения, подготовку к профессиональной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабин И.И., Кондратюк В.Л. К проблеме рейтинговой оценки знаний при конструировании модульно-рейтинговой технологии обучения // Техно-Образ. — 2001. — № 2. — С. 215–218.
2. Слесарь И. Э. Сочетание модульной технологии с технологией разноуровневого обучения // Фізика: праблемы выкладання. — 2000. — № 1. — С. 4–8.
3. Чошанов М.А. Теория и технология проблемно-модульного обучения в профессиональной школе. Автореф. дис...д-ра пед. наук — Казань, 1996.
4. Юцявичене П.А. Теоретические основы модульного обучения. Дис...д-ра пед. наук — Вильнюс, 1990.
5. Russell J.D. Modular Instruction. — Minneapolis? Minn., Burgess Publishing Co., 1974.
6. The Modular Approach in Technical Education. — Paris, Unesco, 1989.

УДК 316.6 (075.4)

С.А.Иващенко, И.И.Лобач

### ИНЖЕНЕРНУЮ ПСИХОЛОГИЮ В ТЕХНИЧЕСКИЙ ВУЗ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

На современном этапе научно-технического прогресса происходит усложнение технических средств и технологических процессов, переход от отдельных технических устройств к системам и комплексам, в которых роль человека неизмеримо возросла и усложнилась. Все это существенно изменяет специфику и структуру трудовой деятельности человека, предъявляет повышенные требования к оптимизации его взаимодействия с современной техникой. Этот аспект определил развитие инженерной психологии. В конечном итоге это привело к определенному усилению психологической ориентации в инженерно-психологических исследованиях трудовой деятельности человека, стимулировало разработку методологических и методических основ инженерной психологии.

В связи с этим возникает большой круг теоретических и прикладных проблем, связанных с изучением и совершенствованием систем «человек-

машина» (СЧМ), являющихся основным объектом исследования инженерной психологии.

За прошедшее время сформировалась общая концепция инженерной психологии, как науки об информационном взаимодействии человека и технических устройств, постепенно вычленилась главная линия — исследование процессов приема, переработки, хранения информации человеком, принятия решения и психической регуляции управляющих действий. Особенности процессов приема и переработки информации человеком-оператором изучается в инженерной психологии с целью предъявления требований к техническим элементам системы «человек-машина» и, прежде всего, к средствам отображения и ввода информации. Центральное место в системе всех проблем заняла проблема деятельности человека-оператора.

Именно в условиях научно-технического прогресса профессия оператора приобрела массовый характер. Деятельность человека-оператора, освободив его от физического труда, предъявляет высокие требования к процессам восприятия, мышлению, к эмоционально-волевой сфере, а также к личностным свойствам. Очень часто деятельность оператора связана с высоким интеллектуальным и эмоциональным напряжением. Чтобы предупредить развитие подобного рода психических состояний необходимо знать вызывающие их причины. Инженерная психология изучает и преобразует труд оператора, выполняющего функции управления сложной системой.

Можно констатировать, что основами инженерной психологии должен овладеть каждый инженер, каждый организатор производства, т.к. развитие производства на научной основе, грамотное проектирование и эксплуатация техники, организация труда требуют учета психологических и других особенностей человека, обслуживающего современную технику. Это становится особенно актуальным в свете новейших достижений и открытий в таких наукоемких отраслях как робототехника, электроника, связь, транспорт, станкостроение, металлургия, когда глубокое знание о человеке стало непременным условием дальнейшего развития не только перечисленных областей, но и всей техники.

Основные задачи курса инженерной психологии для студентов технических вузов, по Б.Ф. Ломову[2], могут быть сформулированы следующим образом:

1. Изучение структуры СЧМ.
2. Рассмотрение основных характеристик систем «человек-машина».
3. Анализ функций человека в СЧМ.
4. Изучение процессов преобразования информации человеком-оператором.

5. Разработка принципов построения рабочих мест операторов.
6. Изучение влияния психологических факторов на эффективность систем «человек-машина»
7. Инженерно-психологическое проектирование и оценка СЧМ.
8. Разработка принципов и методов профессиональной подготовки операторов СЧМ.
9. Определение экономического эффекта инженерно-психологических разработок.

Указанные задачи должны решаться как на этапе системотехнического так и на этапе эксплуатационного существования СЧМ. Инженерная психология тесно связана с психологией труда. Если психология труда изучает закономерности формирования и проявления психической деятельности человека в процессе его труда, то инженерная психология — область психологической науки, изучающая процессы информационного взаимодействия человека-оператора и технических устройств.

Таким образом, достижение высокой эффективности «систем человек-машина» обеспечивается на основе научно обоснованного инженерно-психологического проектирования техники и условий труда, т.е. на основе глубокого и всестороннего учета человеческого фактора.

Человеческая деятельность относится к числу сложных объектов, исчерпывающее изучение которых возможно лишь при совместных усилиях различных наук о человеке. Комплексное изучение и проектирование трудовой деятельности человека с целью оптимизации орудий, условий и процесса труда является задачей эргономики, которая синтезирует достижения психологии, физиологии, антропометрии, гигиены труда и системотехники.

Безусловно, встает вопрос об организации в ведущем техническом университете Республики Беларусь подготовки и, возможно, переподготовки специалистов по инженерной психологии, т.к. в настоящее время в стране нет ни одного учебного заведения осуществляющего подготовку инженерных психологов для потребностей производства и структур управления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. Основы инженерной психологии. Учебник для студентов вузов. — М.: Академический проект, Екатеринбург: Деловая книга, 2002. — 576 с.
2. Основы инженерной психологии. Учебное пособие. / Под ред. Б.Ф. Ломова. — М.: Высшая школа, 1986. — 335 с.
3. Стрелков Ю.К. Инженерная и профессиональная психология. Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 2001. — 360 с.

## **МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КУРСА «ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН» ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В связи с открытием в Белорусском национальном техническом университете и других ВТУЗах Республики Беларусь специальности «Экономика и организация производства (машиностроение)», в базовый и рабочие учебные планы подготовки соответствующих специалистов введен новый учебный курс «Основы проектирования машин». Для его обеспечения потребовалась разработка методически-обоснованной структуры в своем роде новой учебной дисциплины, учитывающей специфику будущей деятельности подготавливаемых специалистов.

Предлагаемые структура и методическое обоснование предметного материала основаны на ранее проведенных разработках [1–4].

Перед началом изучения курса обуславливается его место, необходимость, роль и практическая значимость в общей системе подготовки по учебной дисциплине и специальности. Программа дисциплины «Основы проектирования машин» предусматривает изучение основных положений расчета статических, кинематических, динамических характеристик и свойств конструкций машин - прочности, жесткости и устойчивости. Даются главные критерии их работоспособности, важнейшие методы расчета и принципы проектирования. Изучение дисциплины базируется на знании высшей математики, физики, черчения, информатики, технологии материалов. Целью изучения дисциплины «Основы проектирования машин» является развитие у студентов системного диалектического подхода к инженерным задачам и методам их творческого решения. Основными задачами изучения этой дисциплины являются: овладение студентами теории и практики общинженерных дисциплин как единой системы знаний; ознакомление студентов с основами теории технических систем, основными методами решения инженерных задач, общими и специальными критериями оценки качества конструкций, влиянием технических факторов на экономичность проектных и конструкторских решений. Для обозначения «абстрактной машины» использован в дальнейшем термин «техническая система».

В результате изучения дисциплины студенты должны знать: основные положения расчетов статических, кинематических и динамических характеристик технических систем; основные методы расчетов элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения; критерии работоспособности и методы их расчета для деталей и механических передач общего назначения и основы их проектирования. Студенты должны уметь: составлять расчетную схему или модель и проводить расчеты типовых для данной отрасли машиностроения элементов машин и механических приводов в процессе проектирования.

Изучение дисциплины должно вестись на базе современных представлений статики, кинематики, динамики, основных положений теории механизмов и машин, механики конструкционных материалов, теории прочности, надежности, деталей машин и автоматизированного проектирования.

Предложенный в качестве типовой учебной программы проект дисциплины рассчитан на 90 часов, в т.ч. лекций — 54 часа, практических занятий - 36 часов.

Структура и содержание курса включают следующие основные положения. **Основы теории технических систем.** Сущность технической системы (ТС), модель, функциональная структура, конструктивная схема. Понятие конструктивной характеристики. Граница, окружение, классификация, свойства ТС. Экономическая эффективность, оценивание надежности и качества, этапы создания и использования, эволюция, тенденции технического развития ТС. **Статические характеристики технических систем.** Основные понятия: материальная точка, абсолютно твердое тело, сила. Системы сил и их классификация, эквивалентные и уравновешенные системы сил, равнодействующая сила, равновесие, задачи статики. Аксиомы статики: закон инерции, условие равновесия двух сил, принцип присоединения, правило параллелограмма, закон равенства действия и противодействия. Проекция силы на ось, на две или три взаимно перпендикулярные координатные оси. Сложение двух сил и разложение силы на две составляющие. Пара сил, момент пары сил, правило знаков, эквивалентные и уравновешивающиеся пары сил. Связи, их классификация, реакции связей. Система сходящихся сил, плоская и пространственная. Сложение, силовой многоугольник, определение равнодействующей, теорема о проекции суммы сил на ось координат, условие равновесия плоской системы сходящихся сил, уравнения равновесия. Сложение и равнодействующая пространственной системы сходящихся сил, условие и уравнение равновесия. Плоская и пространственная системы произвольно расположенных сил, эквивалентные преобразования, приведение к данному центру, главный вектор и главный момент. Теорема Вариньона о моменте

равнодействующей плоской и пространственной системы произвольно расположенных сил. Условия равновесия плоской и пространственной системы произвольно расположенных сил, методика решения статических задач. Общие понятия о статически неопределимых задачах. Трение скольжения: сила, угол, коэффициент и конус трения, условие самоторможения. Трение качения, коэффициент трения качения. Центр параллельных сил и центр тяжести, определение его координат, моменты опрокидывания и устойчивости, коэффициент устойчивости. **Кинематические характеристики технических систем.** Основные понятия: система отсчета, траектория, расстояние, путь, время, скорость, ускорение. Способы задания движения точки, прямолинейное и криволинейное, скорость и ускорение. Простейшие движения тела: поступательное и вращательное, определение скоростей и ускорений. Сложное движение точки. Теорема о сложении скоростей и ускорений. Плоскопараллельное движение тела. Мгновенный центр скоростей, определение абсолютной скорости точек тела. **Динамические характеристики технических систем.** Основные понятия: масса, материальная точка, сила. Аксиомы динамики: принцип инерции, основной закон динамики точки, закон независимости действия сил, закон равенства действия и противодействия. Основные задачи динамики (прямая и обратная). Движение точки, сила инерции, принцип Д'Аламбера, метод кинестатики. Работа и мощность: работа силы тяжести и упругости, понятие о мощности и о механическом коэффициенте полезного действия (КПД). КПД системы механизмов при последовательном и параллельном соединении. Работа и мощность при вращательном движении тела. Общие теоремы динамики. Импульс силы, количество движения, теорема об изменении количества движения точки. Кинетическая энергия и теорема об изменении кинетической энергии точки. Момент количества движения и теорема об изменении момента количества движения точки. Понятие о механической системе, основное уравнение динамики вращающегося тела. Моменты инерции однородных тел. Кинетическая энергия при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях тела, теорема об изменении кинетической энергии системы. Уравновешивание сил инерции. Балансировка вращающихся тел. **Свойства конструкций технических систем.** Понятие о расчетах деталей технических систем на прочность, жесткость и устойчивость. Деформируемое тело, деформации упругие и пластические. Нагрузки внешние и внутренние, классификация нагрузок. **Основные гипотезы и допущения.** Классификация элементов конструкций по геометрическим признакам. **Внешние и внутренние силовые факторы** в элементах конструкций. Метод сечений. Понятие о напряженном состоянии в точке тела: механическое напряжение. Алгоритмическая формула на-

пряжения. Геометрические характеристики сечения. Напряжение: полное, нормальное, касательное. *Растяжение и сжатие*: продольные силы и нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса, построение их эпюр. Максимальные касательные напряжения в наклонных сечениях бруса. Деформации продольные и поперечные, абсолютные и относительные. Закон Гука, модуль продольной упругости, коэффициент Пуассона. Определение продольных деформаций и осевых перемещений поперечных сечений бруса, построение эпюр перемещений. *Испытания материалов*: классификация испытаний по виду нагружения и характеру нагрузок. Классификация конструкционных материалов. Испытания материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении, диаграмма растяжения малоуглеродистой стали, ее характерные параметры и характеристики прочности. Диаграмма растяжения хрупкопластичного материала, условный предел текучести, закон повторного нагружения (наклон). Диаграмма растяжения хрупких материалов. Предельные и допускаемые напряжения. Коэффициент запаса прочности, факторы, влияющие на его величину и выбор. Условие прочности при растяжении и сжатии. Расчеты на прочность: проектный, проверочный, определение допускаемой нагрузки. *Срез и смятие*: условие прочности, расчеты заклепочных, штифтовых, резьбовых и шпоночных соединений. *Кручение, срез с кручением*: внутренние силовые факторы, построение эпюр крутящих моментов. Чистый сдвиг, угол сдвига, закон Гука при сдвиге, модуль сдвига. Зависимость для трех упругих постоянных для изотропного тела. Деформации при кручении: угол сдвига, угол закручивания. Кручение прямого бруса круглого сечения, касательные напряжения при кручении, условия прочности и жесткости, расчеты на прочность и жесткость. Расчет цилиндрических винтовых пружин растяжения и сжатия на прочность и жесткость. *Изгиб*: основные понятия и определения. Классификация видов изгиба: прямой, косой, чистый и поперечный изгиб. Внутренние силовые факторы при прямом изгибе, дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для балок. Чистый изгиб: зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси бруса, нормальные напряжения, зависимость для их определения. Расчеты на прочность при изгибе: проектный, проверочный, определение допускаемой нагрузки. Брус равного сопротивления изгибу. Рациональные формы поперечных сечений балок из пластичных, хрупкопластичных и хрупких материалов. Понятия о касательных напряжениях в продольных и поперечных сечениях брусев при прямом изгибе, формула Журавского, линейные и угловые деформации при прямом изгибе. Условия жесткости и расчета на жесткость при изгибе. *Изгиб*



с кручением и кручение с растяжением (сжатием): внутренние силовые факторы в данных случаях. Понятие о напряженном состоянии в точке тела, главные площадки и главные напряжения. Виды напряженного состояния: объемное, плоское, линейное. Эквивалентные напряженные состояния и эквивалентное напряжение. Гипотезы прочности, их назначение. Гипотеза наибольших касательных напряжений, гипотеза Мора, гипотеза энергии формоизменения. Области применения и точность гипотез прочности. Расчеты бруса круглого сечения на изгиб с кручением и при совместном кручении с растяжением (сжатием), применение гипотез в этих случаях. *Устойчивость сжатых стержней*: понятие об устойчивости, внутренние силовые факторы, критическая сила, формула Эйлера. Учет влияния формы сечения и способов крепления концов стержня. Критическое напряжение, гибкость стержня, предельная гибкость, пределы применимости формулы Эйлера. Эмпирическая зависимость Ясинского для критических напряжений. Графическая зависимость критических напряжений от гибкости. Условие устойчивости, коэффициент запаса устойчивости, расчеты на устойчивость. Рациональные формы поперечных сечений сжатых стержней, способы повышения их устойчивости. *Основы теории механизмов и машин и детали машин*. Основные понятия. Машина и механизм. Классификация машин в зависимости от их назначения. Машины-двигатели, машины-преобразователи, рабочие машины. Классификация механизмов, принципы их построения. *Структура, анализ и синтез механизмов*. Звенья и кинематические пары. Определение подвижности механизмов. Определение параметров движения звеньев механизмов, построение планов скоростей и ускорений на примере рычажных механизмов. Силы, действующие в механизмах, и способы их определения. *Нагруженность машин и их деталей*. Нагруженность, виды нагруженности деталей машин и их классификация: статическое и переменное нагружение. Возникновение переменных напряжений, циклы напряжений и их характеристики. *Сопrotивление усталости*. Причины усталостного разрушения деталей. Предел выносливости и факторы, влияющие на него. Испытания на сопротивление усталости, кривая усталости (кривая Велера), предел выносливости, предел ограниченной выносливости. Коэффициент долговечности. Факторы, влияющие на предел выносливости: концентрация напряжений, размеры поперечного сечения, запрессовка деталей, шероховатость поверхности, поверхностное упрочнение. Коэффициент снижения предела выносливости. Испытания деталей машин на сопротивление усталости, понятие о ресурсе деталей по критерию сопротивления усталости. Расчет на сопротивление усталости при одно- и двухосном напряженном состоянии. *Контактные напряжения и контактная прочность*. Основные понятия и определе-

ния. Контакт сферических и цилиндрических тел под нагрузкой. Определенные величины контактных напряжений (формула Герца). Понятие о контактной усталости. Контактная прочность и пути ее повышения. *Основные понятия надежности машин и деталей.* Надежность детали и машины, долговечность, ресурс, отказ, ремонтпригодность, сохраняемость, показатель надежности, интенсивность отказов. Средняя наработка до отказа. Основное уравнение теории надежности. *Критерии работоспособности и расчета деталей машин.* Прочность, жесткость, износостойкость, виброустойчивость и теплоустойчивость. Проектные и проверочные расчеты деталей машин. *Механические передачи, общие сведения и их классификация.* Классификация и сравнительная характеристика механических передач. Основные кинематические и силовые соотношения в передачах. Механический привод машины, кинематические схемы приводов, выбор электродвигателя, кинематический и силовой расчеты привода. *Зубчатые передачи.* Общие сведения о зубчатых передачах, классификация, основы теории зубчатого эвольвентного зацепления, теорема зацепления, основные геометрические характеристики эвольвентного зацепления. Принцип нарезания зубьев методом обкатки, делительная окружность, исходный контур зубчатой рейки, точность зубчатых передач, подрезание зубьев. Основные понятия о зубчатых колесах со смещением (корригирование). Основные геометрические и кинематические соотношения цилиндрических (прямозубых, косозубых, шевронных) и конических (прямозубых и непрямозубых) передач. Виды разрушения зубьев. Критерии работоспособности и расчета зубчатых передач, материалы зубчатых колес и допускаемые напряжения. Расчет зубчатых передач на прочность, выбор точности зубчатых передач. Расчет зубчатых передач на контактную выносливость активных поверхностей зубьев колес. Зависимости для проектного и проверочного расчетов. Особенности расчета конических передач. Выбор расчетных коэффициентов и основных параметров. Расчет зубчатых передач на изгибную выносливость. Зависимости для проектного и проверочного расчетов. Особенности расчета конических передач. Выбор расчетных коэффициентов и основных параметров. Конструирование зубчатых колес. *Червячные передачи.* Общие сведения, классификация, основные геометрические соотношения, передаточное число. Скорость скольжения, силовые соотношения и КПД червячной передачи. Критерии работоспособности и расчета элементов передачи. Материалы червяков и червячных колес. Допускаемые контактные напряжения. Расчет зубьев колес на контактную прочность и на сопротивление усталости при изгибе. Зависимости для проектного и проверочного расчетов. Выбор расчетных коэффициентов и основных параметров. Расчет валов-червяков на жесткость. *Ременные передачи.*

чи. Общие сведения, классификация, конструкции ремней, шкивов и натяжных устройств. Основные геометрические и силовые соотношения в ременных передачах. Напряжения и эпюра напряжений по длине ремня. Кинематика передач, скольжение ремня, типовые кривые КПД и коэффициента скольжения в зависимости от коэффициента тяги. Расчет ременных передач по тяговой способности. *Оси и валы.* Назначение, классификация, конструктивные элементы, материалы. Критерии работоспособности, расчет валов на статическую и усталостную прочность. Понятие о расчетах валов и осей на жесткость и колебания. *Подшипники качения.* Устройство, достоинства и недостатки, классификация и маркировка. Особенности работы радиально-упорных шарико- и роликоподшипников. Статическая и динамическая грузоподъемность и подбор подшипников качения. Расчет подшипников на долговечность. Монтаж, демонтаж и регулировка подшипников качения. *Соединения деталей машин.* Назначение и общая классификация соединений и сборочных единиц машин. Неразъемные и разъемные соединения. Сравнительная характеристика, достоинства, недостатки и области применения различных соединений (сварные, заклепочные, паяные, клеевые, штифтовые, шпоночные, шлицевые, профильные, резьбовые и с натягом). *Муфты.* Назначение и классификация. Устройство и принцип работы основных типов муфт, их сравнительная характеристика. Методика подбора стандартных муфт по расчетному моменту, проверочные расчеты элементов различных муфт. *Методы проектирования и конструирования машин.* Общие принципы проектирования и конструирования машин. Стадии и формы организации проектирования машин. Принципы и методика конструирования. Влияние масштаба производства на методы формообразования деталей машин. *Понятия о численных методах расчета деталей машин.* Численные методы анализа прочности и жесткости сложных сборочных единиц и деталей машин при простом и сложном напряженном состоянии. Понятия о методах конечных разностей, ортогонализации, минимума полной энергии, конечных элементов, их краткая сравнительная характеристика и рекомендации по использованию. *Понятия о вероятностных методах расчета и прогнозирования надежности деталей машин.* Размеры деталей, свойства материалов, точность изготовления, нагруженность машин как случайные варьирующие величины. Связь между вероятностью неразрушения детали и запасом ее прочности. Вероятностные диаграммы усталости. *Понятия об оптимальном проектировании деталей машин.* Основные задачи и проблемы оптимального проектирования деталей машин, его содержание. Понятия о математических моделях оптимального проектирования (одно- и многокритериальные задачи). *Понятия об автоматизированном проектировании деталей машин.* Общие све-

дения об автоматизированном проектировании. Многовариантность расчетов. Принципы построения системы автоматизированного проектирования (САПР). Структура и материально-техническая основа САПР. Обеспечение САПР: техническое, методическое, математическое, лингвистическое, программное. Общие представления о связи САПР и автоматизированной системы подготовки технологии производства с автоматизированным производственным процессом. *Понятия об экономическом обосновании проектирования машин.* Техничко-экономический анализ (ТЭА) конструкции машины. Содержание ТЭА при проектировании новых изделий. Формирование технико-эксплуатационных показателей машины. Методы ТЭА при проектировании машины.

*Примерный перечень практических занятий.* Решение задач на равновесие тел под действием плоской и пространственной системы сил. Решение задач по определению траекторий движения, скоростей и ускорений точек тела. Решение задач по кинематике твердого тела при поступательном, вращательном и плоском движении. Построение планов скоростей, ускорений и положений рычажных механизмов. Расчет балок на прочность при растяжении, сжатии. Геометрические характеристики сечений. Определение моментов инерции сложных сечений. Построение эпюр крутящих моментов и углов закручивания. Расчет на прочность и жесткость валов. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Подбор сечений, расчет на прочность балок. Расчет валов, работающих на кручение с изгибом. Кинематический и силовой расчеты механических приводов. Расчет зубчатых, ременных, цепных передач. Расчет валов и осей. Выбор подшипников, проверочный расчет по динамической грузоподъемности.

*Примерное содержание расчетно-графических работ.* Изгиб. Построение эпюр и подбор сечений балок. Кинематический и силовой расчеты механических приводов. Расчет на прочность и определение геометрических размеров зубчатой передачи, входящей в привод. Разработка конструкции вала с колесом в сборе, расчет вала на статическую прочность и на сопротивление усталости. Подбор и расчет подшипников вала на динамическую грузоподъемность.

*Предложено соответствующее информационно-методическое обеспечение, включающее перечень литературных источников, учебно-лабораторное оборудование и наглядные пособия.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Капуста П.П. Методические рекомендации преподавания раздела «Теоретическая механика» в курсе «Техническая механика» // Машиностроение.

— Мн., 2002. — Вып. 18 — С. 672 — 677. 2. Капуста П.П., Бондаренко А.Г. Методические рекомендации преподавания раздела «Сопротивление материалов» в курсе «Техническая механика» // Машиностроение. — Мн., 2002. — Вып. 18 — С. 677 — 682. 3. Капуста П.П. Методические рекомендации преподавания раздела «Детали машин» в курсе «Техническая механика» // Машиностроение. — Мн., 2002. — Вып. 18 — С. 682 — 689. 4. Капуста П.П. Техническая механика: типовая учебная программа для технических специальностей ССУЗов Республики Беларусь. — Мн.: Республиканский институт профессионального образования, 2002. — 43 с.

УДК:37(476):316.334

**В.А. Клименко**

## **ВЛИЯНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА РАЗЛИЧНЫЕ СТОРОНЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В соответствии с Всемирной декларацией «Образование для всех», как известно, образование должно удовлетворять важнейшие образовательные потребности личности. Эти потребности включают в себя усвоение базовых навыков, необходимых личности для того, чтобы быть способной выживать, развивать собственные способности, вести достойный образ жизни, активно участвовать в развитии общества, продолжать образование.

Поэтому в условиях, когда происходит переход от индустриального к информационному обществу, в котором основу экономики составляют новейшие информационные и коммуникационные технологии, когда знания и информация становятся, определяющим фактором развития общества, изменяются запросы государства к квалификации работника, а, следовательно, и к системе образования. Новые установки государства определяются подготовкой профессионально компетентного, инициативного, творчески активного, социально ответственного специалиста, готового к постоянному самообразованию и самостоятельному принятию решений в условиях вероятностной рыночной среды.

Второй этап социологического мониторинга Института социологии НАН Беларуси, проведенный в октябре 2003 года (опрошено 2300 человек), подтвердил, что в современных условиях социально-экономического развития

страны образование является одной из основных ценностей белорусского общества. Это подтверждается тем, что в ходе опроса, отвечая на вопрос: «Что для Вас в жизни является самым главным?», каждый девятый респондент (11,2%) выделил такие составляющие человеческого бытия, как знания и образование. Следует подчеркнуть, что среди респондентов Гродненской и Гомельской областей образование, как самый главный жизненный компонент, отметили только соответственно 6,9% и 7,5% респондентов. В то же время в г. Минске почти каждый пятый из ответивших (18,0%) назвал знания и образование наиболее важной составляющей в его жизни. В социально-профессиональном разрезе знания и образование в большей степени являются главными в жизни для учащихся и студентов (положительно ответили 31,2% респондентов), служащих производственной (25,0%) и непроизводственной (16,9%) сфер. Неактуальным в жизни считают наличие образования рабочие промышленности (7,0%), рабочие сельского хозяйства и крестьяне (8,8%).

Еще в большей степени важны для людей такие ценности как интересная работа и профессия, которые в значительной мере зависят от имеющегося у человека соответствующего образования и квалификации. Более чем каждый третий (34,7%) респондент отметил, что наличие интересной работы и профессии выступает самым главным аспектом в его жизни. В региональном разрезе фактор интересной работы (профессии) наиболее актуален в жизни для населения г. Минска (отметило 43,3% респондентов). Особенно высоко оценивают наличие интересной работы руководители разного уровня (54,1%), служащие как производственной, так и непроизводственной сферы — соответственно 57,1% и 52,2%, а также предприниматели — 46,6% и рабочие промышленности (51,9%).

Следует отметить и такой существенный в жизни человека аспект, как возможность самореализации. Для каждого десятого из ответивших (10,3%) этот фактор является доминантным. В то же время, если в Гомельской области самореализация как самый главный фактор в жизни человека является актуальным только для 6,3% населения, в Минской области — для 7,9%, то в Минске и в Могилевской области — соответственно для 14,0% и 15,6% населения. В разрезе основных социальных групп населения самореализация, как самый главный аспект жизнедеятельности человека, наиболее актуален для таких слоев, как предприниматели (21,3%), студенты и учащиеся (18,9%), руководители разного ранга (17,5%).

Важность образования, квалификации в жизнедеятельности человека подтверждается и ответами респондентов на вопрос: «Что (кто) помогает Вам справиться с жизненными проблемами?». Почти каждый третий из ответивших (31,0%) подчеркнул, что в этом ему помогают профессиональные зна-

ния и умения. Еще столько же — 31,0% высказали мнение, что профессиональные знания и умения помогают решать жизненные проблемы в некоторых случаях. Лишь каждый шестой (16,7%) указал на то, что имеющиеся у него знания и умения никак не помогают решать жизненные проблемы. Кроме того, каждый пятый респондент отметил, что не только профессиональные знания, но и в целом наличие хорошего образования помогает справиться с жизненными проблемами.

Следует отметить, что для проживающих на селе профессиональные знания и умения в меньшей степени актуальны, чем для городских жителей. Соответственно 23,3% и 34,9% городских респондентов указали на важность профессиональных знаний и умений. Это касается и собственно образования. Если среди городского населения 26,3% респондентов ответили, что хорошее образование помогает во всех или в большинстве ситуаций справиться с жизненными проблемами, то среди сельских респондентов данный фактор отметили лишь 11,1% (почти в два с половиной раза меньше).

В разрезе основных социальных групп наблюдается следующая картина. Если среди руководителей разного уровня 41,8% респондентов, служащих — каждый третий (33,5%), предпринимателей — каждый четвертый (24,8%) считают, что хорошее образование помогает справиться с жизненными проблемами, то среди рабочих промышленности, транспорта и строительства такого мнения придерживается каждый шестой (16,5%), а среди рабочих сельского хозяйства и крестьян — только каждый десятый (10,9%). Еще больше ценятся при решении различных личных проблем профессиональные знания и умения. Это подчеркнуло более половины руководителей (54,4%) и предпринимателей (51,9%), более 2/5 (42,6%) служащих непромышленной сферы, каждый третий рабочий промышленности, транспорта и строительства (33,9%).

Фактор образования, как показал социологический опрос, оказывает значительное влияние и на стратегические планы населения. Так, при наличии значительной суммы денег каждый третий респондент (32,5%), а среди руководителей — 53,9%, служащих производственной (45,5%) и непромышленной (45,8%) сфер, предпринимателей — 41,7%, рабочих промышленности — 42,5%, потратили бы на обеспечение хорошего образования своим детям (капиталовложения в «будущее»). При этом данный фактор по значимости находится на третьем месте (после затрат на поддержание своего здоровья -39,4% и на покупку квартиры или дома — 34,2%) среди выделенных шестнадцати расходов в различные сферы жизнедеятельности.

Даже анализируя проблемы глобального характера, которые затрагивают жизнь всех граждан страны, 2/3 (65,9%) респондентов наряду с такими общегосударственными проблемами как инфляция (87,2%), цены на продук-

ты и товары первой необходимости (96,5%), уровень оплаты труда (85,9%), внутриполитическая обстановка в республике (70,6%), экологическая ситуация в стране (83,7%) и др., указывают на такую волнующую их проблему, как уровень профессионализма и компетентности властей.

В социально-профессиональном разрезе уровень профессионализма и компетентности властей больше всего волнует, как и следовало ожидать, наиболее квалифицированные слои населения — руководителей разного уровня (положительно отметило 82,7% респондентов, служащих производственной (81,4%) и непроизводственной (74,6%) сфер экономики, предпринимателей (78,0%) и рабочих промышленности (68,7%). В территориальном разрезе, как показал опрос, уровень компетентности местных органов власти в большей степени волнует население Могилевской области (67,0%) и г. Минска (77,9%), в меньшей степени — население Брестской области — 56,0%.

Несмотря на то, что образование, квалификация и связанные с ними работа, профессиональная деятельность являются важными составляющими в современных условиях в жизни человека, вместе с тем исследование показало, что не всегда уровень квалификации работников соответствует содержанию выполняемой ими работы. Такое несоответствие отмечает каждый шестой (16,3%) респондент (в 2002 г. такое несоответствие подчеркивало 20% респондентов). 2/3 ответивших придерживаются мнения, что их квалификация примерно соответствует выполняемой или работе и лишь 6,3% указали на то, что их квалификация ниже, чем того требует выполняемая работа.

Анализ соответствия квалификации содержанию выполняемой работы респондентов в социально-профессиональном разрезе показал, что прежде все, предприниматели (каждый пятый), учащиеся и студенты (каждый третий) считают, что квалификационный и образовательный потенциал выше, чем того требует выполняемая работа. В территориальном разрезе, как и следовало ожидать, выше уровень квалификации по сравнению с содержанием выполняемой работы у представителей г. Минска (у каждого четвертого). В то же время, всего 8,2% респондентов Гомельской области (в два раза меньше, чем в среднем по республике) отметили, что их квалификация ниже выполняемой работы. Ниже квалификация, чем требует выполняемая работа, наблюдается у безработных и домохозяек. Каждый шестой предприниматель — 16,6% (почти в два с половиной раза больше, чем в целом по стране) также отметил свой более низкий квалификационный уровень по сравнению с требованием выполняемой работы (табл. 1).

Именно несоответствие квалификации, специальности выполняемой работе выступает одним из основных факторов (отметило 7,6% респондентов) после маленькой зарплаты — 61%, тяжелых условий труда — 12,8%,



отсутствия перспектив для профессионального роста — 12,7%, отдаленности работы от места проживания — 8,9%, который оказывает влияние на смену места работы и перехода на другое предприятие. При этом социологический опрос выявил, что именно для руководителей разного уровня несоответствие квалификации выполняемой работе (14,7%) и отсутствие перспектив для профессионального роста (17,9%) являются теми причинами (более важной является только недостаточная зарплата — 54,1%), которые заставляют их задуматься о смене работы.

Таблица 1

**Соответствие между квалификацией респондентов и содержанием выполняемой работы, %**

|                                 | Квалификация респондентов                 |   |   |                      |
|---------------------------------|---|---|---|----------------------|
|                                 | Выше, чем того требует выполняемая работа | Примерно соответствует выполняемой работе | Ниже, чем того требует выполняемая работа | Затрудняюсь ответить |
| Итого                           | 16,3                                      | 67,5                                      | 6,3                                       | 9,9                  |
| В том числе:                    |   |   |   |                      |
| По месту жительства             |   |   |   |                      |
| Город                           | 16,9                                      | 67,2                                      | 6,2                                       | 9,7                  |
| Село                            | 14,5                                      | 68,4                                      | 6,8                                       | 10,3                 |
| По областям:                    |   |   |   |                      |
| Брестская                       | 13,1                                      | 64,1                                      | 12,4                                      | 10,4                 |
| Витебская                       | 14,9                                      | 69,6                                      | 4,6                                       | 10,8                 |
| Гомельская                      | 8,2                                       | 78,5                                      | 4,3                                       | 9,0                  |
| Гродненская                     | 17,1                                      | 67,6                                      | 4,7                                       | 10,6                 |
| г. Минск                        | 24,9                                      | 61,8                                      | 5,5                                       | 7,7                  |
| Минская                         | 15,5                                      | 71,5                                      | 4,7                                       | 8,3                  |
| Могилевская                     | 19,6                                      | 57,9                                      | 8,6                                       | 14,0                 |
| По социальному положению:       |   |   |   |                      |
| Руководители разного уровня     | 15,0                                      | 76,1                                      | 6,4                                       | 2,4                  |
| Служащие производственной сферы | 15,4                                      | 74,1                                      | 5,8                                       | 4,8                  |
| Служащие непромышленной сферы   | 15,6                                      | 75,1                                      | 3,1                                       | 6,2                  |
| Предприниматели                 | 21,1                                      | 49,2                                      | 16,6                                      | 13,1                 |
| Рабочие промышленности          | 13,9                                      | 71,4                                      | 4,2                                       | 10,5                 |
| Рабочие, крестьяне              | 19,8                                      | 57,9                                      | 11,1                                      | 11,2                 |
| Безработные и домохозяйки       | --  | --  | 41,4                                      | 58,6                 |
| Учащиеся, студенты              | 32,5                                      | 26,0                                      | --  | 41,4                 |
| Пенсионеры, работающие          | 22,4                                      | 57,5                                      | 6,7                                       | 13,4                 |

В целом, как показывают результаты исследования, фактор образования, квалификации оказывает значительное влияние на различие стороны жизнедеятельности населения. Во-первых, образование, квалификация и связанные с ними работа, а также занимаемая должность, являются одними из основных ценностей в белорусском обществе. Так, 11,2% респондентов отметили, что самым главным в их жизни является наличие хорошего образования и знаний, 34,7% — интересной работы. Во-вторых, образовательный фактор играет важную роль в решении жизненных проблем человека (отметил каждый третий респондент). В-третьих, как показал опрос, фактор образования (квалификации) недостаточно связан с содержанием такого важного для человека атрибута, как работа. Каждый шестой респондент, а среди предпринимателей — каждый пятый, студентов и учащихся — каждый третий, населения г. Минск — каждый четвертый, отметили, что их квалификация выше, чем того требует выполняемая работа. В-четвертых, фактор образования оказывает существенное влияние на стратегические планы населения. Каждый третий из ответивших, а среди наиболее образованной части населения — почти каждый второй, готов потратить свои сбережения в образование своих детей, то есть осуществлять капиталовложения в будущее.

УДК 378.1

**А.И. Кочергин**

## **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Увеличение доли наукоемких и высокотехнологичных производств в Беларуси приведет к повышению спроса на инженеров-машинистроителей. Анализ тенденций изменения содержания инженерного образования показывает, что наибольшее влияние на него будут оказывать следующие факторы.

1. Широкое использование вычислительной техники на всех этапах жизненного цикла изделия: проектирования, подготовки производства, изготовления и эксплуатации. Названный фактор окажет существенное влияние на содержание большинства дисциплин учебного плана, технологию и организацию обучения. Так, в курс высшей математики необходимо включить мате-

риалы по компьютерной математике; курсы теоретической механики, сопротивления материалов, теории механизмов и машин, а также специальные дисциплины следует обновить. В учебные дисциплины следует ввести задачи, которые приходится решать инженеру при оптимизации конструкций и процессов: многокритериальные, многопараметрические, оптимизационные, на исследование пространственных конструкций и сложных движений. В настоящее время в учебном процессе такие задачи встречаются редко, в основном, из-за большого объема вычислений.

В условиях широкого применения вычислительной техники стали проявляться недостатки содержания дисциплины «Сопротивление материалов», которая является теоретической основой расчетов изделий на прочность и жесткость. Сложившиеся в последние десятилетия представления о прочности материалов и конструкций, новые методы расчетов (вероятностные, вариационные, конечных элементов) весьма слабо отражена в содержании этой дисциплины. Физические явления в деталях машин, режущих инструментах, механических конструкциях новые методы расчета учитывают более полно, чем методы сопротивления материалов.

Кроме того, работоспособность ряда изделий, например, прецизионных металлорежущих станков, промышленных роботов, измерительных приборов в большей мере обуславливается жесткостью (особенно контактирующих поверхностей), а не прочностью, которая является основным объектом изучения в этой дисциплине. Методы сопротивления материалов малоприменимы и для расчетов на прочность деталей при наличии в них остаточных напряжений, существенных отклонений форм от расчетных моделей сопротивления материалов.

Таким образом, в новых условиях дисциплина «Сопротивление материалов» не в полной мере выполняет роль теоретической основы инженерных расчетов механических конструкций и систем и нуждается в совершенствовании. В ней в достаточном объеме должны рассматриваться вопросы упругости, пластичности и разрушения деталей из неметаллических, пористых и армированных материалов.

В условиях широкого применения вычислительной техники следует ожидать существенных изменений содержания лабораторных и практических занятий, так как натурные эксперименты можно заменить машинными и использовать ЭВМ для статистической обработки экспериментальных данных. Такая замена целесообразна не только из-за высокой стоимости современного лабораторного оборудования, но и вследствие того, что машинные эксперименты позволяют получить большой объем информации в короткий срок, предусмотренный расписанием занятий. Например, студенты специ-

альности «Технология, оборудование и автоматизация машиностроения» в лабораторном практикуме выполняют математическое моделирование шпиндельного узла станка, главного привода, привода подачи, механизмов вспомогательных перемещений; моделирование автоматизированных производств с использованием марковских случайных процессов; моделирование режущих инструментов при изучении их прочности и жесткости. Ведется подготовка других работ аналогичного характера.

2. Широкое применение информационных технологий во всех областях инженерной деятельности должно сопровождаться изменениями в содержании инженерной подготовки и в технологии обучения. Уже теперь многие студенты-машиностроители, выполняя курсовые и дипломные проекты по металлорежущим станкам и инструментам, используют Интернет при подборе электродвигателей, направляющих, подшипников и других комплектующих элементов. В машиностроительном производстве Интернет используется значительно шире: подбор стандартных узлов и деталей по электронным каталогам; проектирование станков командами в составе представителей заказчика, проектанта и изготовителя, связанных между собой через Интернет; получение от изготовителя инструкций по эксплуатации станков и отдельных узлов; обучение персонала.

3. Необходимость изготавливать конкурентоспособные изделия: высокой точности, быстроходные, долговечные, обладающие хорошими эргономическими свойствами. Эти качества изделий ценились и раньше, но в условиях рыночной экономики они стали определяющими. Чтобы их обеспечить, инженеры должны получать в учебном заведении больше знаний в области динамики машин, теоретической механики, теоретических основ инженерных расчетов, дизайна, чем получали раньше. Проектирование изделий и технологий должно стать автоматизированным, что позволит не только ускорить этот процесс, но и благодаря математическому моделированию оптимизировать конструкции, технологические процессы и формы организации производства.

4. Возрастающая гибкость производства, т.е. его способность быстро реагировать на запросы рынка. В гибком производстве инженеры должны обладать такими личностными качествами, как инициативность, предприимчивость, умение самостоятельно решать инженерные и экономические задачи. Необходимость воспитания инженеров для гибкого производства требует включения в учебные планы новых дисциплин (например, социальной психологии) и изменения роли студента в учебном процессе.

5. Появление в технологической среде машиностроительного производства интеллектуальных машин, приборов, технологий и принципиально но-

вого оборудования, например, металлорежущих станков с параллельной кинематикой. Не только процесс проектирования, но и эксплуатация таких объектов потребует от инженеров новых знаний как в области механики машин, так и информатики, теории управления.

6. Изменение в самой системе подготовки инженеров-машиностроителей (обучение по согласованным учебным планам в системе среднее специальное учебное заведение — вуз, многоуровневое образование: (бакалавр — магистр).

7. Определенный консерватизм инженерного образования, который состоит в том, что все новые поколения студентов должны получать одни и те же знания по математике, инженерной графике, материаловедению, механике, деталям машин, основам рабочих процессов и технологий. В то же время они должны овладеть принципиально новыми методами расчетов, математического моделирования, конструирования, знать новые формы организации производства и экономических отношений.

Поскольку происходит постоянное обновление объектов производства, технологий и форм организации производства, переменные компоненты инженерных фундаментальных знаний должны постоянно изменяться. Однако в содержании образования изменения происходят с отставанием. В качестве примера рассмотрим курс высшей математики. Он сложился много десятилетий назад, базируется на достижениях математической науки, в основном, 18-19 веков и обеспечивает математические основы преподаваемых в техническом вузе физики, теоретической механики, сопротивления материалов, термодинамики, электротехники. В то же время дисциплины, связанные с информатикой, системами управления, автоматикой, изучаемые студентами машиностроительных специальностей, математической подготовкой обеспечиваются недостаточно. Поэтому кафедры, ведущие названные курсы, самостоятельно излагают элементарные сведения из соответствующих областей математики, но это не может компенсировать отсутствие соответствующей базовой математической подготовки.

В курс высшей математики для машиностроительных специальностей пока не вошла дискретная математика, включающая логические исчисления, графы, комбинаторику и теорию автоматов. Студентами машиностроительных специальностей в очень небольшом объеме изучается дифференциальная геометрия, хотя она играет важную роль в подготовке будущих специалистов к проектированию станков со сложной кинематикой, манипуляторов и режущих инструментов.

Консерватизм специальных конструкторских и технологических дисциплин состоит в том, что они слабо связаны с естественно-научными, перегру-

жены фактическим материалом, не обеспечивают подготовки специалистов для начального этапа работы на производстве. В значительной степени консерватизм порождается отсутствием современных учебников, справочников, сборников задач, альбомов типовых конструкций и технологий, а также устаревшей материальной базой учебных заведений.

Высшие учебные заведения не в полной мере используют возможности совершенствования учебных планов и программ с целью повышения качества подготовки инженеров без существенного роста финансовых расходов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мигиренко Г.С. Педагогика высшей школы. Будущий инженер: Монография / Новосиб. электротехн. ин-т. — Новосибирск, 1992. — 115 с. 2. Федоров И.А. О концепции инженерного образования // Высшее образование в России. — 1999. — №5. — С. 3–9.

УДК 621.81(076)

Н.А. Кузин

### **КОМПЛЕКС СПЕЦИАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ И НОВАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ ПО КОМПОНОВКЕ ЗУБЧАТЫХ И ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ**

*Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь  
Минск, Беларусь*

Новым в решении вопросов, связанных с компоновкой, является создание комплекса специальных учебных пособий, способствующего интенсификации процесса курсового проектирования «Деталей машин».

Одной из главных инноваций, является применение учебных пособий, позволяющих получить сведения о процессе компоновки поэтапно, в динамике, с помощью двухцветного изображения всех этапов компоновки в учебном пособии на бумаге или на экране.

Первый этап эскизной компоновки выполняется при проектировании для составления расчетных схем валов, которые, в свою очередь, нужны для расчетов при подборе подшипников качения. В процессе компоновки узлы и детали располагаются так, чтобы при наименьших габаритных размерах можно было получить наиболее рациональную конструкцию редуктора. Первый этап эскизной компоновки редуктора — очень ответственная стадия его кон-

струирования. На этом этапе приходится решать вопросы, связанные с конструированием отдельных деталей и узлов, с выбором типоразмеров подшипников и схем их установки, методов смазывания подшипников, зацепления редуктора и др. От того, насколько рационально решены названные вопросы, зависит качество конструкции всего редуктора, а значит, и качество курсового проекта, а также затрачиваемое на его выполнение время.

За очень длительный период работы мною был создан комплекс различных учебных пособий по выполнению эскизной компоновки зубчатых цилиндрических, конических и червячных редукторов с целью оказать помощь студентам в их работе над выполнением курсовых проектов по «Деталям машин» и поделиться своим опытом с преподавателями учебных заведений.

Созданный комплекс по компоновке редукторов очень эффективен при проведении индивидуальных и групповых консультаций со студентами дневной и заочной форм обучения.

В комплекс вошли:

1. Методические рекомендации по составлению эскизной компоновки одноступенчатых редукторов.

2. Комплекты транспарантов к кадоскопу по компоновке в черно-белом исполнении, показывающие последовательность процесса выполнения компоновки.

3. Учебные пособия по компоновке редукторов в виде комплектов чертежей с небольшим объемом текстовой информации, выполненные на бумаге в двухцветном изображении (обычно красно-черном), позволяющие понять динамику процесса выполнения компоновки.

4. Комплект чертежей в двухцветном исполнении для демонстрации цветного изображения процесса компоновки редукторов на экране.

В методических рекомендациях [1] приводятся необходимые для правильного подхода к решению конструкторских задач сведения по методам смазывания зацепления и подшипников, выбору смазочных материалов, подбору подшипников качения, конструированию деталей и узлов передач, а также по конструированию корпусов и крышек корпусов редукторов. Компоновка редуктора увязана с действующей методикой подбора подшипников качения [3]. В названном пособии дано описание процесса компоновки и показаны схемы компоновки зубчатых (цилиндрического и конического) и червячного редукторов.

Комплекты транспарантов к кадоскопу в черно-белом исполнении, созданный более двух десятков лет назад, дает представление об этапах компоновки.

Учебные пособия в виде комплектов чертежей в двухцветном исполнении с необходимым небольшим объемом текстовой информации позволяют

показать динамику процесса выполнения компоновки. Современные средства тиражирования таких пособий позволяют преподавателям широко использовать эти пособия в учебном процессе в период консультаций по курсовому проектированию деталей машин. Студенты же имеют возможность работать с этими пособиями, позволяющими выполнить самостоятельно компоновку (без консультаций преподавателя). Это очень важно для студентов-заочников, так как качественно и за более короткий период можно выполнить компоновку редуктора. Современные технические средства позволяют демонстрировать на экране процесс компоновки в динамике, изменяя цвета линий и букв на экране.

В связи с этим были созданы комплекты чертежей с небольшим объемом текстовой информации для демонстрации процесса компоновки на экране.

Ниже, в качестве примера, приведен процесс выполнения компоновки типового зубчатого цилиндрического редуктора с роликовыми коническими подшипниками. С помощью девяти рисунков показаны все девять этапов компоновки.

Красным цветом изображены на каждом этапе только новые сведения (это не касается текстового материала), а черным цветом написаны буквы, цифры и изображены линии, сведения о которых были даны на предыдущем этапе.

На последнем — десятом рисунке — показана эскизная компоновка цилиндрического зубчатого редуктора с нагрузками на схемах валов.

Процесс выполнения компоновки зубчатого одноступенчатого цилиндрического редуктора.

Проводим две параллельные линии — оси валов — на расстоянии одну от другой  $a_w$  и чертим условное изображение находящихся в зацеплении зубчатых колес. Проводим ось симметрии зубчатых колес.

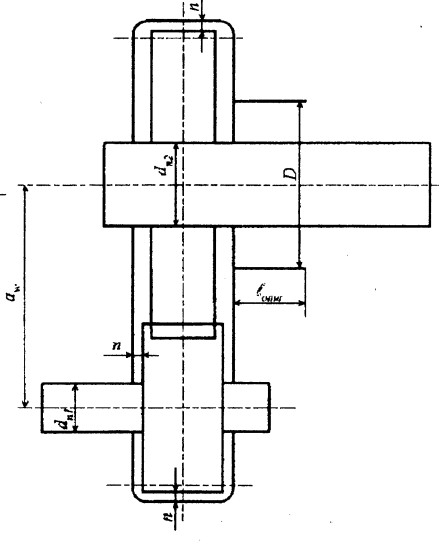
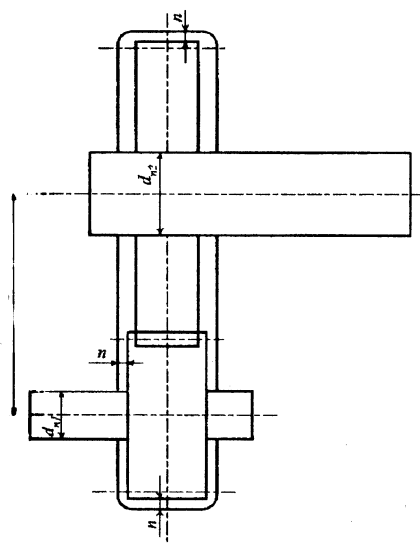
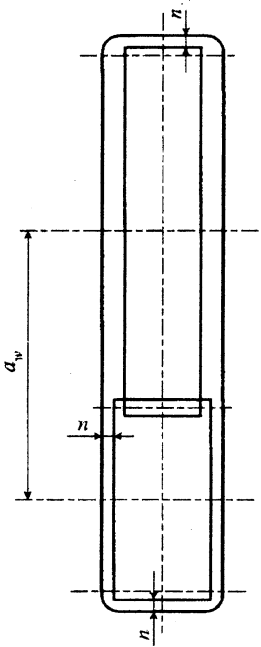
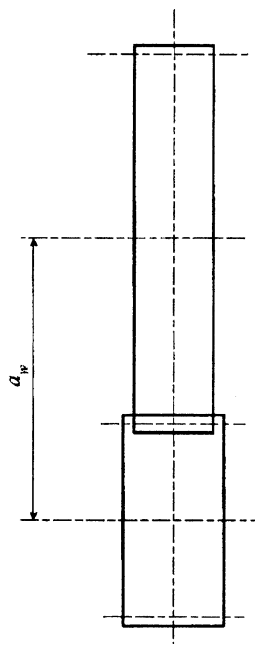
Чертим контур внутренней поверхности стенки корпуса редуктора на расстоянии  $p$  от поверхности вершин зубьев колеса и шестерни и поверхностей торцов шестерни (ширина венца шестерни больше ширины венца колеса).

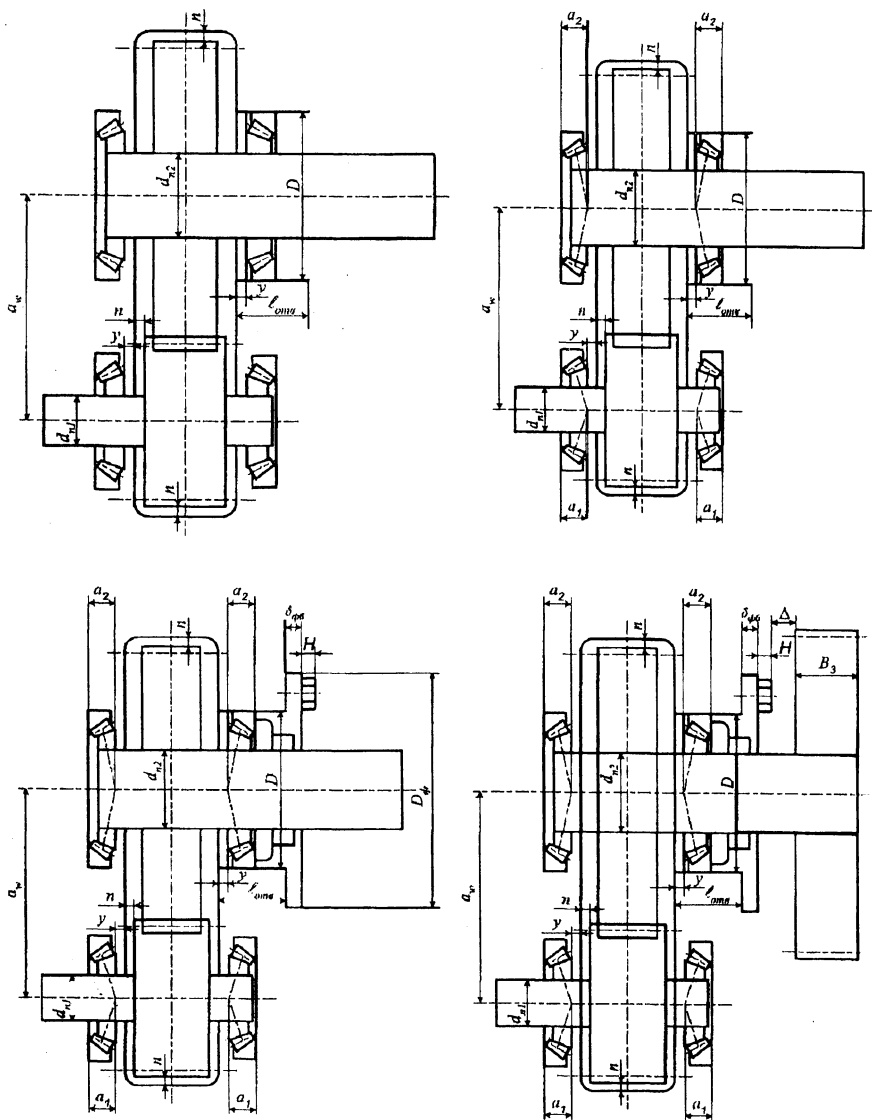
Параллельными линиями, отстоящими одна от другой на расстоянии  $d_{n1}$  и  $d_{n2}$ , симметрично расположенными по отношению к осям валов, показываем валы с диаметрами  $d_{n1}$  и  $d_{n2}$ , подробно не разрабатывая их конструкцию.

Проводим со стороны консольной нагрузки от внутренней поверхности стенки редуктора две параллельные линии, симметрично расположенные по отношению к оси вала и отстоящие одна от другой на расстоянии, равном величине размера наружного диаметра  $D$  наружного кольца подшипника. Длина линий равна длине отверстия под подшипник —  $l_{отв}$ .

На расстоянии  $y$  от линии внутренней стенки корпуса редуктора упрощено, с показом колес, вычерчиваем подшипники в соответствии с их размерами  $d \times D \times T$  и схемой установки.







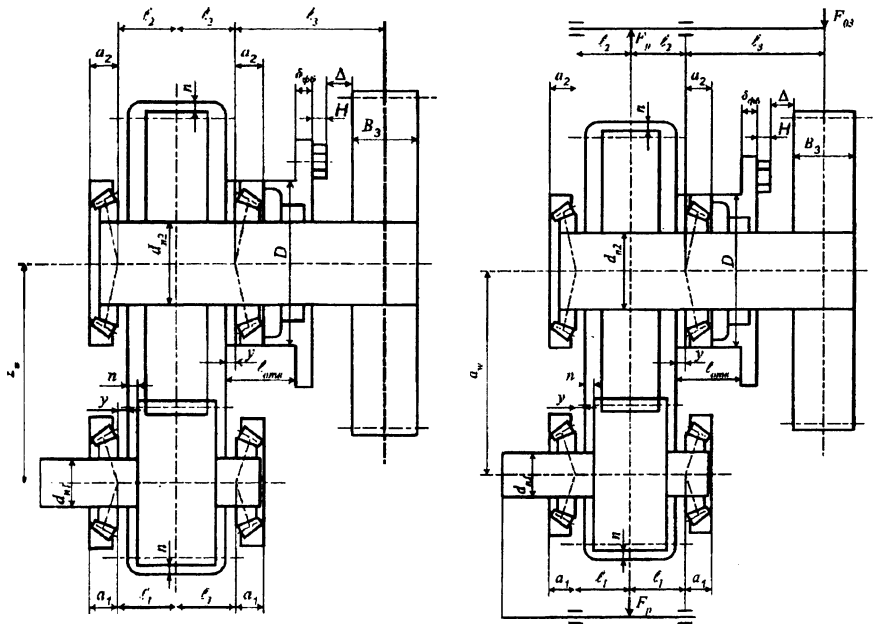
6. Показываем расстояния  $a_1$  и  $a_2$ , равные расстояниям от точек приложения реакций подшипников к валам до торцов подшипников, найденные для ведущего —  $a_1$  и ведомого  $a_2$  валов по формуле

$$a = \frac{T}{2} + \frac{(d + D)e}{6}$$

7. Упрощенно, не разрабатывая подробно конструкцию, чертим со стороны консольно расположенного зубчатого колеса крышку подшипника ведомого вала, с диаметром фланца  $D_\phi$  и толщиной фланца  $b_{\phi 6}$ . Показываем головку одного болта крепления крышки с высотой головки  $H$ .

8. На расстоянии  $\Delta_{от}$  головки болта чертим консольно расположенное зубчатое колесо.

9. Проводим ось симметрии консольно расположенного зубчатого колеса. Показываем расстояния  $l_1, l_2, l_3$  от точек приложения реакций подшипников к валам до осей симметрии зубчатых колес.



10. Условно изображаем валы с опорами и нагрузками.

Эскизная компоновка цилиндрического редуктора с условно изображенными нагрузками на схемах валов завершена.

Вам даны краткие сведения о новом виде учебных пособий по компоновке зубчатых и червячных редукторов, разработанном автором. Рационально выполненные этапы компоновки, с применением двухцветного изображе-

ния на каждом этапе, позволяют студенту (учащемуся) получить даже без консультаций преподавателя за небольшой период времени в доступной форме необходимые сведения о выполнении компоновки. Новые виды учебных пособий потребовали и новой методики проведения занятий со студентами (учащимися). Применение такой методики, проверенной мной на практике в течение многих лет, позволяет студентам (учащимся) очень существенно сократить время, затрачиваемое на выполнение компоновки, а значит, и интенсифицировать процесс курсового проектирования «Деталей машин».

Рациональный подход к выполнению процесса компоновки и реализация на практике такого важнейшего принципа обучения, как принцип научности, способствуют повышению качества проектирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузин Н.А. Интенсификация процесса курсового проектирования «Деталей машин» // Современные проблемы обеспечения качества инженерного образования: Материалы Республиканской научно-методической конференции. — Мн., 2003. — С. 60–62.
2. Кузин Н.А. Методические рекомендации по технической механике. Составление эскизной компоновки одноступенчатых редукторов. — Мн.: МЗПТ, 1984. — 47с.
3. Кузин Н.А. Техническая механика. Выбор и расчет подшипников качения. — Мн.: УП «Технопринт», 2001. — 102с.

УДК 15(075.8)

Т.М. Лозюк

## ВЛИЯНИЕ ЦЕННОСТНЫХ ОРИЕНТАЦИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЛИЧНОСТИ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА

*Белорусский национальный технический университет*  
Минск, Беларусь

Модель здорового общества, обеспечивающего своим гражданам высокое качество жизни, волнует человечество на протяжении тысячелетий. Несомненно, в основе высокого качества жизни общества лежат разумные социально-экономические и политические решения. Однако создание общества с высоким качеством жизни предполагает и формирование у его членов индивидуальной культуры жизнедеятельности, что, в свою очередь, предполагает правильный выбор приоритетных ценностей.

Чувство удовлетворенности, полноты жизни, отмечают многие исследователи (К.А. Абульханова-Славская [2], М.С. Каган [4], В.П. Тугаринов [5], [6], Э. Фром [7], [8], А. Швейцер [9]), основано на развитии ценностной сферы. Исследователи функций ценностных ориентаций отмечают, что они являются источниками реальных целей жизни человека. В работах по психологии отмечено, что двигателем человеческого поведения являются потребности индивида и общества. В свою очередь потребности и цели деятельности органично связаны с ценностным полем человека.

Э. Фром создал типологию жизненных (ценностных) ориентаций человека, положив в ее основание способ, каким индивид воспринимает других, и способ самовосприятия. Им выделено 5 типов ценностных ориентаций: рецептивный, эксплуататорский, стяжательский, рыночный и плодотворный [7].

При рецептивной ориентации человеку представляется, что источник всех его благ, его безопасности, успеха кроется в любви окружающих, т.е. находится вовне. Основная установка такого человека — быть любимым. Люди с таким типом жизненных ориентаций слишком зависимы от других, беспомощны в ситуациях принятия ответственности на себя, убеждены, что ничего не способны достичь без посторонней помощи. Формирование рецептивной ориентации у студентов влечет за собой застопорение профессионального мастерства на уровне, достигнутом в период первых лет работы, неспособность принятия решения, отсутствие карьерных амбиций и т.д.

При эксплуататорской ориентации продолжает доминировать представление о том, что источник благ находится вовне и сам индивид не является создателем своего успеха. Но при этой ориентации он не надеется получить что-либо в дар от других, завоевывая их любовь. Он настроен получить желаемое силой или хитростью. Каждый другой рассматривается им как объект эксплуатации и оценивается по его полезности. При этой ориентации не развивается ценностная установка на независимое личностное творчество даже у людей с большими умственными способностями. Следствием подобной ориентации на других и себя является подозрительность, цинизм, зависть, ревность.

Стяжательская ориентация характеризуется ориентацией человека на обладание, накопление, стяжательство. Ценность подлинной любви ему не ведома. Любовь для него не самоотдача, а, по существу, обладание. Люди с ориентацией на стяжательство не способны на плодотворное мышление. Они склонны не растрчивать запас своей энергии, не понимая, что все жизненные субстанции обладают функцией самовосполнения, и трата сил увеличивает энергию, а инертность ее парализует. Ценность творчества, его роль в жизни человека при такой ориентации не осознанна. Главные ценности лю-

дей этого типа — порядок, безопасность, превратно понимаемое чувство справедливости: «мое — это мое, а твое — это твое». Внешний мир воспринимается как угроза, и жизненная позиция носит оборонительный характер, вследствие чего развивается потребность устраняться от контактов с внешним миром. В период учебы студентов такая жизненная позиция сказывается на отношении к учебе и труду. Постепенно в их сознании формируется пренебрежение к труду, «ориентация» на выгодную работу, подчинение трудовых интересов корыстным либо ложно понимаемым престижным устремлениям.

Модель рыночной ориентации сложилась под влиянием возникшего в последнее время «личностного рынка». При рыночной ориентации человек воспринимает свои силы как товар, отчужденный от него, и понимает, что хотя соотношение мастерства, порядочности, с одной стороны, и личностного обаяния, с другой, изменчиво, «личностный фактор играет решающую роль». Тот факт, что для достижения успеха недостаточно приобрести багаж знаний, но нужно еще и уметь продать себя на рынке, снабдить себя привлекательной «упаковкой» (бодр, энергичен, общителен и т.д.), предложить тип личности, который пользуется спросом, приводит к тому, что человек начинает заботиться не о своем духовном мире, о самореализации, а о том, чтобы стать ходким товаром. Любая неудача в такой ситуации наносит жесткий удар по самооценке, усиливает чувство неуверенности и неполноценности, лишает человека ощущения себя как независимого существа. Такие состояния отрицательно сказываются на формировании позитивной Я-концепции. Самосознание человека лишается устойчивости, его самовосприятие выражается формулой: «я - то, чего изволите». Дефициты самовосприятия переходят в дефицитное отношение к окружающим. Другие тоже воспринимаются как товар. Рыночная ориентация порождает суждение о том, что независимых людей нет, что индивидуальное свособразие — балласт, не имеющий ценности. При рыночной ориентации в молодом человеке развиваются готовность усваивать роли, выглядеть так, как если бы ты обладал свойствами, которые пользуются спросом. Какие-то роли могут не согласовываться с тем, что составляет его индивидуальность. С рыночной ориентацией связана утрата смысла жизни, растущая неудовлетворенность человека своим бытием, рост суицидов среди людей, достигших материального успеха.

Наконец, существует плодотворная ориентация, которая обеспечивает наиболее полное развитие сущностных сил личности, что, подчеркивает Э. Фром, является целью человеческого развития и одновременно идеалом гуманистической этики.

Гуманистическая этика исходит из основного принципа, что природа всякой жизни состоит в том, чтобы сохранить и утвердить свое существование. Все организмы обладают врожденной способностью актуализировать свои потенциальные свойства. Целью человеческой жизни является развер-

тывание потенциальных сил согласно законам развития природы. Взгляд на жизнедеятельность человека как на искусство, которому следует учиться, приобретает особое значение в современном обществе. Э. Фром подчеркивает, что во всех искусствах система объективно правильных норм составляет теорию практики (прикладные науки), основанную на теоретическом знании. Нарушение норм ведет к плачевным результатам. Сама жизнь есть искусство поистине самое важное и самое трудное и сложное: его предметом является не та или иная конкретная деятельность, а вся жизнедеятельность, развитие того, что заложено в индивидуальности человека потенциально. «В искусстве жить человек — и творец, и предмет своего искусства; он — и скульптор, и мрамор; врач и пациент» [7].

Гуманистическая этика является своего рода прикладной наукой искусства жить, основанной на теоретической науке о человеке. Для нее добродетель, высшее благо — то, что хорошо для человека; а плохое — то, что плохо для человека. Традиционно рассматривая человека в его телесно-духовной целостности, сторонники этого направления видят цель жизни человека — в достижении способности стать адекватным самому себе. Источники норм этического поведения они черпают в самой человеческой природе, моральные нормы основаны на присущих человеку свойствах; грубое их попрание приводит к душевному и эмоциональному разладу личности. В свете гуманистической этики безответственное отношение к своим задаткам — это порок, грех, самовредительство, утверждение своего истинного «Я» рассматривается как стратегия жизни, человеку нужно знать себя, свою естественную способность к добру и плодотворности.

Под плодотворностью понимают установку, способ реакции и ориентации человека в отношении мира и самого себя в процессе жизни. Плодотворность как реализация человеком присущих ему возможностей, использования своих сил рассматривается многими исследователями. Эрик Фром дает следующую структуру плодотворного характера личности: способность к естественной плодотворности; способность к осмыслению долженствования производить, чтобы жить. «Плодотворная ориентация личности означает фундаментальную установку, способ отношений во всех сферах человеческого опыта. Она включает ментальную, эмоциональную и сенсорную реакции на других людей, на самого себя и на вещи» [7]. Плодотворность означает, что человек принимает себя как воплощение своих сил и как «творца», ощущает себя единым со своими силами. Он руководствуется разумом, поскольку использовать силы можно лишь, если знаешь, каковы они, как и для чего их использовал. Ценностное, ответственное отношение к себе осмысливается в категориях «себялюбия», «любви к себе», «личного интереса».

В психолого-педагогических исследованиях, посвященным современным проблемам духовного развития учащейся молодежи (Г.С. Абрамова [1], Ж.Е. Завадская [3], и др.) отмечается, что основой жизненных стратегий является социальное мышление, эффективными средствами формирования которого выступают ценностно-поисковая деятельность, деятельность взаимооценивания и самопознания.

Назначение ценностно-поисковой деятельности состоит в вовлечении молодежи в самостоятельное осмысление духовных ценностей человечества: любви как принципа бытия, здорового образа жизни, самосовершенствования, многофункциональности бытия, материнства, отцовства, свободы творчества, внутренней гармонии. Принципы и формы организации этой деятельности должны отражать логику процесса познания: от живого созерцания к абстрактному мышлению, и от него — к практике. Ценностно-поисковая деятельность — это компонент мировоззренческого поиска, призванного сформировать не только обобщенный образ мира, но собственной деятельности в нем. В содержание мировоззренческой деятельности должен войти поиск ответов на вопросы: какова природа счастья и несчастья, какой должна быть степень моей подключенности к человеческой культуре, какие ценности следует сделать ценностями своего бытия. Помогает сделать правильный выбор ценности и коллективное взаимооценивание и самодиагностика личностных образований. Коллективное взаимооценивание активизирует творческое мышление в сфере морали, развивает ценностный аспект сознания, способствует более полному взаимопониманию и самопознанию.

Выработка программы личностного роста базируется на формировании эмоционально-ценностного отношения к проблеме самообразования и самосовершенствования личностных качеств молодежи

Все это заключается в ценностно-мотивационном компоненте культуры жизнедеятельности личности. Содержание этого компонента составляет: любить насущную жизнь, сохранять присутствие духа, видя ее жестокие проявления; ценностное отношение к другому как к уникальной и неповторимой личности; ответственное отношение к себе как к ценности; времени своей жизни как пространству самореализации своих сущностных сил; труду как основному средству развития и реализации потребностей и способностей.

Таким образом, одной из воспитательных задач вуза является формирование у студентов плодотворной ценностной ориентации, основывающейся на принципах гуманистической этики. Это позволяет будущему специалисту максимально актуализировать свои потенциальные силы; воспринимать свою жизненную и профессиональную деятельность как искусство, воспринимать себя как «творца»; жить в психологическом комфорте и внутренней гармонии



с самим собой. Для такого человека особенно актуальной становится проблема самообразования и совершенствования личных качеств, а значит развивает ценностный аспект сознания, способствует более полному самопознанию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова Г.С. Теория взаимодействия и опыт ее применения в психологическом консультировании подростков: Автореф. дис. ... д-ра психол. наук: 19.00.07 / Белорус. гос. пед. ун-т им. М. Танка. — Минск, 1996. — 27 с.
2. Абульханова-Славская К.А. Деятельность и психология личности. — М.: Наука, 1980. — 335 с.
3. Завадская Ж.Е. Формирование социально-зрелой личности будущего учителя // Формирование профессионализма учителя: проблемы, поиски решений на рубеже столетий: Материалы Респуб. науч.-практ. конференции. В 2-х ч. Барановичи, 3–5 мая 2000 г. / Мин-во образования РБ, Барановичский гос. высш. пед. колледж. Барановичи, 2000. — Ч. 2 — С. 154–158.
4. Каган М.С. Мир общения: Проблема межсубъективных отношений. — М.: Изд-во полит. литературы, 1988. — 319 с.
5. Тугаринов В.П. Личность и общество. — М: Мысль, 1965. — 191 с.
6. Тугаринов В.П. Природа, цивилизация, человек. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. — 218 с.
7. Фром Э. Человек для себя / Пер. с англ. и послесл. Л.А. Чернышевой. — Минск: «Коллегиум», 1992. — 253 с.
8. Фром Э. Бегство от свободы / Пер. с англ. Г.Ф. Швейника; Общ. ред. и послесл. П.С. Гуревича. — М.: Прогресс, 1990. — 269 с.
9. Швейцер А. Благоговение перед жизнью: [Сб. работ]; Пер. с нем. М.: Прогресс, 1992. — 572 с.

УДК 159.9

Е.В. Поликша

### **ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНОЙ МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО И ТРЕТЬЕГО КУРСА БНТУ**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

Деятельность студентов полимотивирована: поддержание жизнеобеспечения, комфорт, социальный статус, общение, общая активность, общественная полезность, творческая активность. Множественность мотивов составляет своеобразный ансамбль, в котором мотивы распределяются в опреде-

ленном порядке и соподчиненности. Совокупность мотивов в их иерархической соподчиненности представляет собой мотивационную сферу личности. Множественность, структурность и иерархичность мотивов — основные характеристики мотивации и мотивационной сферы. Множественность мотивов характеризует развитость мотивационной сферы, здесь должно быть достаточное число мотивов, а также их качественный уровень. Мотивационная сфера имеет двухуровневую структуру, две подсферы «идеальную» (потенциальную) и реальную (реализуемую) мотивации. Обе взаимодействуют, потенциальные мотивы переходят в реальные, либо дезактуализируются, не переходя в деятельностные. Мотивы реальные также могут дезактуализироваться, переходить «в запас». Потенциальная мотивация первична, поскольку первично сознание. Преобразование потенциальной мотивации в реальную предшествует осознание стимула, которое, естественно, может происходить при наличии данного стимула или их множеств.

Важной проблемой теории мотивации также является иерархическая соподчиненность мотивов. По А. Маслоу мотивы определяются потребностями, находящимися по отношению друг к другу в строгой иерархической последовательности. Нижний уровень побудительной иерархии составляют мотивы жизнеобеспечения, свободы и безопасности, комфорта (мотивы «дефицита»), а верхний — мотивы достижения и самоактуализации (мотивы «роста»). По теории А. Маслоу новая потребность возникает лишь при удовлетворении низлежащей, наивысшая же из них — потребность в самоактуализации. Однако эта иерархическая структура не является абсолютно жесткой и строгой.

В отечественной психологии развитие и адаптация теории А. Маслоу к диагностике мотивационной сферы личности проведены В.Э. Мильманом. Он отмечает, что взаимосвязь между мотивами «дефицита» и «роста» и иерархическая последовательность их формирования имеет сложные формы, и наивысшие мотивы самоактуализации и достижения возникают на нижних ступенях иерархии, претерпевая эволюцию до верхних уровней. Он включает в высший уровень «роста» такие сущностные компоненты как «общая активность», «творческая активность» и «общественная полезность» как генеральные факторы достижения и самоактуализации. Фактически он подводит теорию А. Маслоу к социальной детерминации личности. Важным моментом является выработанная на данной научной основе методика диагностики мотивации, позволяющая проанализировать мотивационный профиль личности в ансамбле и иерархической соподчиненности мотивов.

Систематизация результатов многочисленных исследований мотивации профессионального образования позволяют выявить некоторые закономерности. Можно сделать следующие обобщения:

1. мотивация профессионального обучения как деятельность студента имеет многоуровневую структуру;

2. она претерпевает изменения в процессе обучения в сторону иерархизации, при этом изменяются сила и устойчивость мотивов, их структура;

3. мотивация становится более адекватной избранной специальности;

4. наибольшие изменения претерпевает деятельностная мотивация;

5. наиболее устойчивы широкие социальные мотивы;

6. имеется обратная связь между силой утилитарных мотивов и успеваемостью и прямая — между познавательными и профессиональными мотивами;

7. успешность деятельности зависит от силы и устойчивости мотивов, их множественности, структуры и иерархии.

В.И. Ковалев подчеркивает важность исследования динамики мотивации с исследованием жизненного пути студентов в контексте изменения жизненного статуса и позиции личности в системе общественных отношений, что находит отражение в исследовании мотивации на основе методики В.Э. Мильмана. Мильман определяет мотивационную сферу многоплановой, многоаспектной, имеющей две основные подсферы: поддержания «дефицита» и развития («роста»). В качестве индикаторов мотивов «дефицита» Мильман выделяет: поддержание жизнеобеспечения (П), комфорт (К), социальный статус (С). В качестве индикаторов мотивов «роста» — общую активность (Д), творческую активность (ДР), общественную полезность (ОД).

Мотивы «дефицита» в большей мере характеризуют потребительскую функцию социального существования, а мотивы «роста» — функцию личного развития.

Мотивационный фактор «общения» (О) помещен в середину иерархии, т.к. в равной степени может служить целям как сугубо индивидуальным (потребительское общение), так и целям развития.

В исследовании принимали участие 240 студентов БНТУ. Из них 120 — студенты первого курса и 120 — студенты третьего курса.

Исследование мотивационной сферы студентов проводилось в двух основных аспектах: изучалась характеристика мотивации на каждом контролируемом этапе обучения; изучалась эволюция мотивации от первого к третьему курсу.

Анализ результатов исследования мотивационной сферы студентов показывает, что, поступая в вуз, молодой человек уже имеет определенный социальный опыт, систему потребностей, мотивов, установок, целей. Сформированность потенциальной мотивации в самом начале обучения создает предпосылку к ее переводу в реальную, деятельную форму. Для начального пери-

ода обучения характерна неразвитость реальных, деятельностных мотивов, поскольку не сформирована сама учебная деятельность (тестирование проводилось в начале первого семестра). Особенно активно работает фактор С (статус), для студентов первого курса приоритетность осознания нового социального статуса, а также его поддержания является закономерностью. Реальная мотивация в рабочей сфере студентов первого курса имеет достаточный сглаженный характер, особенно по мотивам роста.

Каждый этап профессиональной подготовки имеет свою специфику. И если для студентов первого курса наиболее актуальна адаптация к новой сфере деятельности, новому социальному окружению и социальному статусу, то для студентов третьего курса актуальна профессионализация. На данном этапе студент вплотную приближается к будущей профессии, что качественно изменяет характер учебной деятельности, а, следовательно, перестраивает мотивацию. Отношение к профессии, самоидентификация в образе «я — профессионал» не всегда имеют позитивное влияние на формирование адекватной мотивации к позиции студентов, нередко происходят и деструктивные процессы. По данным ряда исследований пик мотивационных кризисов приходится на второй курс, но их отголоски достигают и третьего курса, порой даже усугубляясь на почве вхождения в специальность.

Социальное положение и социальный статус студентов от первого курса к третьему курсу фактически не изменяется, вследствие чего структура мотивации в общежитийской сфере не претерпевает существенных изменений.

В реальной мотивации в основном преобладает тенденция снижения. Снижение можно наблюдать и по факторам «поддержания жизнеобеспечения» (П), «комфорта» (К), и «социального статуса» (С).

Для студентов третьего курса мотивы роста получают небольшое преимущество над мотивами поддержания. Несомненным положительным моментом перестройки мотивационной сферы является актуализация мотивов активности, что свидетельствует об укреплении студентов в своем статусе. Позитивно выделяется и фактор «творческая активность» (ДР). По сравнению с первым курсом здесь произошел рост реальной мотивации. К сожалению, по другим мотивам этой группы аналогичной ситуации не наблюдается. Хотя, необходимо отметить, что по фактору «общая активность» (Д) реальная рабочая мотивация выросла, несмотря на то, что уменьшилась «общественная полезность».

Таким образом, эволюция мотивационной сферы студентов от первого к третьему курсу характеризуется актуализацией потенциальных мотивов общей и творческой активности, качественно изменяющих иерархию рабочей мотивации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мильман В.Э. Психодиагностика мотивационной направленности личности // Мотивационная регуляция деятельности и поведения личности. — М., 1988, — С. 58–91.
2. Ковалев В.И. Мотивы поведения и деятельности — М.: Наука, 1988. — 192 с.

УДК 371.13

**А.В. Ражнова, В.И. Новиков**

### **ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНИВАНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УМЕНИЙ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ ЭФФЕКТИВНОГО ПЕДАГОГА**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Педагог любого уровня образовательной системы является представителем наиболее массовой части гуманитарной интеллигенции. В значительной степени от него зависят судьбы образования, культуры, становление будущих поколений. Именно поэтому представляется важным и необходимым уяснение ценностных характеристик педагогической деятельности, которой занимается огромное количество специалистов.

Вне педагогической деятельности трудно представить себе развитие общества и отдельного человека. Педагогическую деятельность можно рассматривать как важнейший атрибут человеческого бытия. Именно это является исходным основанием при определении важнейших ценностных характеристик данного вида деятельности. Их множественность определяется многоцелевым характером педагогической деятельности, которая направлена на образование, развитие любого человека, включенного в педагогические отношения и обстоятельства.

Педагогическая деятельность является условием преемственной связи поколений. Она сообразна культуре своей эпохи, направлена на ее сохранение и воспроизводство. Настоящие педагоги всегда озабочены не только передачей, трансляцией имеющегося опыта, накопленных знаний, но и развитием творческого потенциала учащихся, их способности и умения преодолевать границы известного, традиционного. Благодаря этому становится возможным выйти за пределы образовательного стандарта, создать условия для успешного развития тех, кто способен не только к воспроизводящей деятельности, но и к творческой. Это обуславливает особую социокультурную ценность педагогической деятельности.

Ценностные характеристики педагогической деятельности неразрывно связаны с гуманитарностью сознания педагога, с его гуманитарной культурой. В современной образовательной ситуации гуманитарная культура педагога приобретает особую ценность. Гуманитарная культура педагога проявляется в осознании им глубокой духовной сущности процессов становления человека, процессов воспитания и обучения. Очень важно, чтобы педагог понимал философско-мировоззренческий смысл общих целей образования.

Как показывает анализ произведений, в которых описывается педагогическая деятельность, ее нравственные характеристики в общественном сознании связываются:

- с убеждением, что педагог должен быть воплощением и носителем духовной, нравственной культуры;
- с нравственной мотивацией педагогической деятельности;
- с нравственным характером общения и взаимодействия с обучаемыми;
- с целостным влиянием обучающего на обучаемых, что требует от педагога эмпатии, искусства понимания другого человека;
- со способностью педагога предвидеть и оценивать нравственные последствия своих действий, решений, поступков.

Это подтверждается данными опросов студентов, которые образ преподавателя связывают с большим «набором» нравственных качеств, необходимых, чтобы профессионально осуществлять педагогическую деятельность (терпимость, чуткость, сострадание, уважение другой личности, справедливость, терпение, честность и т.д.). Этот перечень свидетельствует о том, что в требованиях к педагогу отражается понимание гуманитарной ценности педагогической деятельности.

Для того чтобы подготовить студентов к эффективной педагогической деятельности, необходимо дать им представление о структуре профессиональной компетенции и научить объективно оценивать свои педагогические умения. В 2002-2003 учебном году нами был проведен рейтинг-контроль студентов четвертого курса инженерно-педагогического факультета БНТУ, проходящих педагогическую практику. В опросе участвовало 37 человек. При этом мы имели в виду выяснить уровень развития наиболее существенных педагогических умений путем сравнения оценки данных умений экспертами (в качестве экспертов выступали учителя школ, на базе которых проходила педагогическая практика, и преподаватели-методисты от БНТУ) и самооценки студентов-практикантов. Оценить предлагалось следующие педагогические умения:

1. Излагает материал ясно, доступно.
2. Разъясняет сложные места.

3. Выделяет главные моменты.
4. Умеет вызвать и поддержать интерес учащихся к предмету.
5. Задает вопросы, побуждает к дискуссии.
6. Соблюдает логическую последовательность в изложении.
7. Демонстрирует культуру речи, четкость дикции, нормальный ход изложения.
8. Умеет снять напряжение и усталость класса.
9. Ориентирует на использование изучаемого материала в будущей профессиональной и общественной деятельности.
10. Творческий подход и интерес к своему делу.
11. Доброжелательность и такт по отношению к учащимся.
12. Терпение.
13. Требовательность.
14. Заинтересованность в успехах учащихся.
15. Объективность в оценке знаний учащихся.
16. Уважительное отношение к учащимся.
17. Располагает к себе высокой эрудицией, манерой поведения, внешним видом.

Если проанализировать все названные педагогические умения, то наивысшим баллом (т.е. данное качество проявляется всегда) и экспертами, и самими практикантами оценивалось уважительное отношение к учащимся. Низшими баллами было оценено умение ориентировать учащихся на использование изучаемого материала в будущей профессиональной деятельности. Способность творчески подходить к делу оценивается экспертами выше, чем самими студентами. А вот умение ясно, доступно излагать материал студенты оценивают менее критично, чем преподаватели. Заинтересованность в успехах учащихся оценивается одинаково высоко. Вызывает тревогу тот факт, что интерес к своему делу часть студентов (8%) оценивают крайне низко, а большинство (35%) бездумно завышает, утверждая, что всегда творчески относятся к делу.

Известно, что интерес к своему делу — наиболее устойчивый мотив саморазвития и самосовершенствования и, следовательно, повышения уровня профессионализма. Что такое профессиональное становление педагога? Что требуется для эффективного продвижения по профессиональной лестнице? Главный навык, который должен быть у высококвалифицированного специалиста, — это навык самообразования. Особенно это важно для педагога — как утверждал К.Д. Ушинский, учитель живет до тех пор, пока учится.

Для того чтобы получить желаемый результат и приблизить свой реальный образ к идеалу, нужно уметь управлять собственным развитием. Необходимо выстроить свою профессионально-образовательную стратегию, ко-

торая учитывала бы именно ваши конкретные особенности и запросы, а также образовательную траекторию как способ достижения желаемой цели. Ориентировать будущих педагогов именно в этом направлении нам представляется наиболее важным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Басова Н.В. Педагогика и практическая психология. — Ростов-на-Дону: «Феникс», 1999. — 416с.
2. Роботова А.С. и др. Введение в педагогическую специальность. — М.: Изд. центр «Академия», 2000. — 208с.

УДК 378.1

Г.Э. Романюк

### ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ (НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ MATHCAD)

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Изменение условий жизни с появлением компьютера неизбежным образом повлекло изменение ее отражения в познавательной деятельности человечества. Компьютер стал мощным инструментом исследователя, его применяют для выполнения сложных расчетов, перебора вариантов, моделирования ситуаций и процессов, прогнозирования, обработки экспериментальных данных.

Появилось новое научное направление — компьютерная математика, возникшее на стыке математики и информатики.

Большинству пользователей нужны системы компьютерной математики в качестве простого и удобного инструмента для работы. Поняв эту истину, многие западные фирмы приступили к созданию компьютерных систем символической математики, ориентированных на широкие круги пользователей — не профессионалов в компьютерной математике.

Во многих науках возникли и укрепились направления с определениями «математическая», «компьютерная», «вычислительная», в которых использование компьютера является обязательным «по определению».

Однако изменения в образовании происходят с некоторым запаздыванием относительно темпов развития самой науки. Поэтому очень важно стараться ускорить процесс освоения студентами новых научных методов и



приемов исследования. Этим целям хорошо служит использование таких современных средств вычисления, обработки данных и научных исследований, как системы компьютерной математики (СКМ).

Наличие развитых систем компьютерной математики требует значительной переориентации учебного процесса. Преподавание многих учебных курсов может стать значительно эффективнее, если активно использовать возможности автоматического проведения трудоемких математических выкладок. К сожалению, пока доля систем символьной математики (компьютерной математики) в инструментарии современного научного работника, студента или преподавателя ВУЗа ничтожно мала.

При использовании систем компьютерной математики можно выделить три направления, а именно:

- 1) применение СКМ при изучении общих математических курсов;
- 2) использование СКМ при подготовке студентов, специализирующихся по информатике;
- 3) использование СКМ при освоении специальных дисциплин (математическая информатика, системы автоматического управления, математическое моделирование и др.).

Студенты могут применять математические пакеты при выполнении расчетно-графических, курсовых и дипломных работ.

Полученный опыт использования СКМ позволяет говорить о совершенствовании процесса обучения математике по таким параметрам, как повышение качества знаний и интенсификация процесса усвоения знаний. Кроме того, регулярное применение математических систем позволяет будущим инженерам относиться к таким СКМ адекватно, т. е. как к удобным рабочим инструментам. Одновременно, поскольку СКМ все-таки являются мощным высокотехнологичным инструментом, приобретаются навыки эффективного использования компьютера в последующей профессиональной деятельности.

На сегодняшний день программы для аналитических вычислений превратились в сложные комплексы и системы.

Наиболее известные и мощные из таких программ уже давно не ограничиваются только манипулированием с математическими выражениями и созданием двух- и трехмерных изображений. Современные компьютерные математические системы предоставляют широкие возможности не только для высокопрофессионального использования по «прямому» своему назначению, но также выходят на ведущие роли в оформлении официальных документов, научных работ, презентаций и создании программ образовательного содержания.

Одной из таких систем является компьютерная математическая система Mathcad.

Mathcad совмещает возможности для проведения вычислений, визуализации и создания документов и является средой, которая может быть высокоэффективно использована с момента появления первых идей до получения итоговых результатов.

Расширенные возможности HTML в Mathcad делают эту среду универсальным инструментом подготовки технических документов и их электронной публикации. Можно создавать готовые к размещению на сайте HTML-страницы и графические файлы.

Mathcad — система символьной и численной математики (в отличие от систем численной математики — позволяет выполнять символьные расчеты).

Программа позволяет создавать пакеты и самостоятельные приложения «под Mathcad», использовать возможности системы даже самым неискушенным пользователям. Ее интерфейс удобен и легок в освоении. Таким образом, открывается путь к снятию ограничения, которое до последнего времени накладывали на своего пользователя системы компьютерной математики, — принципиальная невозможность эффективного использования без достаточной математической подготовки. И, как следствие, появляются возможности более широкого использования математических компьютерных технологий на этапе обучения.

Несмотря на название программы, использование Mathcad распространяется далеко за границы традиционной математики и математических наук. В действительности, только одну пятую часть ее пользователей составляют математики, как теоретики, так и практики. Фундаментальная подвижность Mathcad позволяет применять ее в невероятно широком диапазоне занятий: экономика, статистика, технические науки и др.

Mathcad располагает встроенным языком программирования высокого уровня. Это позволяет использовать ее в качестве базового программного продукта при изучении основных понятий программирования и информатики. Язык программирования Mathcad позволяет манипулировать с широким диапазоном составляющих технического программирования, используя лишь небольшое число основных примитивов.

С помощью встроенного языка Mathcad создаются приложения и пакеты, которые работают по новым алгоритмам и при этом используют все возможности основного ядра системы. Несколько десятков больших пакетов к Mathcad написаны для решения специальных задач из разных областей знания. Некоторые из них созданы специально для анализа различных данных и поиска оптимального решения или последовательности действий.

В качестве примера использования программного средства Mathcad в учебном процессе можно рассмотреть его использование при изучении та-

ких дисциплин как «Системы автоматического управления» и «Общая теория систем», в частности — для определения устойчивости линейных систем автоматического управления.

Пусть система автоматического управления (САУ) задана своим характеристическим уравнением. Как известно, условием устойчивости непрерывной САУ является нахождение корней характеристического уравнения, описывающего систему, в левой полуплоскости комплексной плоскости. При исследовании системы находят корни ее характеристического уравнения и, анализируя их расположение, делают вывод об устойчивости данной системы.

Допустим, характеристическое уравнение, описывающее непрерывную систему класса [4,0], имеет вид:

$$0,1p^4 + 4p^3 - 6p^2 + p - 8,7 = 0.$$

Необходимо определить, устойчива ли данная система.

Находить корни уравнений высоких порядков — достаточно трудоемкая задача. Однако в Mathcad эта операция осуществляется очень просто с помощью функции polyroots.

Вводится вектор  $v$  коэффициентов полинома, задается функция polyroots( $v$ ) и программа возвращает значения корней характеристического полинома:

$$0.1 \cdot p^4 + 4 \cdot p^3 - 6 \cdot p^2 + p - 8.7 = 0$$

$$v := \begin{pmatrix} -8.7 \\ 1 \\ -6 \\ 4 \\ 0.1 \end{pmatrix} \quad \text{polyroots}(v) = \begin{pmatrix} -41.454 \\ -0.217 - 1.032i \\ -0.217 + 1.032i \\ 1.888 \end{pmatrix}$$

На основании анализа полученных корней делается вывод — система неустойчива, так как один из корней (а именно — 1.888) находится в правой полуплоскости комплексной плоскости.

С помощью системы Mathcad удобно анализировать семейство САУ (например, интервальных САУ, в которых коэффициенты изменяются в заданных пределах); или САУ одного порядка, но с различными параметрами (коэффициентами характеристических уравнений).

Для этого в характеристическом уравнении системы коэффициенты задаются не числовыми, а буквенными обозначениями (переменными):

$$a \cdot p^4 + b \cdot p^3 - c \cdot p^2 + d \cdot p - e = 0.$$

Для вычисления корней характеристического уравнения конкретной САУ переменным присваиваются необходимые значения. Задается вектор коэффициентов полинома, в котором коэффициенты обозначены буквами (переменными) и вызывается функция polyroots.

Программа возвращает значения корней того характеристического уравнения, коэффициенты которого были заданы до определения вектора коэффициентов. Если необходимо вычислить корни уравнения с другими коэффициентами, переопределяются значения  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  и  $e$  на рабочем листе (в той строке, где они были определены, не переписывая заново всю строку).

Например:

$$a := 4 \quad b := 6 \quad c := -7 \quad d := 8 \quad e := 1$$

$$a \cdot p^4 + b \cdot p^3 + c \cdot p^2 + d \cdot 8 + e$$

$$v := \begin{pmatrix} e \\ d \\ c \\ b \\ a \end{pmatrix} \quad \text{polyroots}(v) = \begin{pmatrix} -2.503 \\ -0.113 \\ 0.558 - 0.758i \\ 0.558 + 0.758i \end{pmatrix}$$

Для автоматизации вычислений можно создать программу определения корней характеристического уравнения. Ниже приводится пример программы определения корней характеристического уравнения системы класса [3,0].

Общий вид характеристического уравнения системы:

$$a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0.$$

В связи с особенностями вычислений в Mathcad обозначим коэффициенты уравнения следующим образом:

$$a_0 = x, \quad a_1 = y, \quad a_2 = z, \quad a_3 = s.$$

Рассмотрим конкретную систему (присвоим коэффициентам конкретные значения):

$$x := 1, \quad y := 2, \quad z := 3, \quad s := 1.$$

Программа для вычисления корней уравнения:

$$f(x, y, z, s) := \left| \begin{array}{l} v \leftarrow \begin{pmatrix} s \\ z \\ y \\ x \end{pmatrix} \\ \text{polyroots}(v) \end{array} \right. \quad f(x, y, z, s) = \begin{pmatrix} -0.785 - 1.307i \\ -0.785 + 1.307i \\ -0.43 \end{pmatrix}$$

Если возникает необходимость определения устойчивости систем различных классов (например, [3,0], [4,0], [5,0] и др.), т.е. описываемых характеристическими уравнениями различных порядков, для ускорения вычислений можно написать соответствующую программу. В ней по мере необходимости выбирается уравнение нужного порядка и определяются его корни:

$$\begin{array}{lll} n := A & A = 2..5 & f2 := f2(x, y, z) \\ & & f3 := f3(x, y, z, s) \\ & & f4 := f4(x, y, z, s, t) \\ & & f5 := f5(x, y, z, s, t, r) \end{array}$$

$$g(n) := \left| \begin{array}{l} f2 \text{ if } n = 2 \\ f3 \text{ if } n = 3 \\ f4 \text{ if } n = 4 \\ f5 \text{ otherwise} \end{array} \right.$$

$n$  — порядок характеристического уравнения системы (в данном примере выбор осуществляется из семейства систем, описываемых характеристическими уравнениями не выше 5-го порядка).

Mathcad позволяет создавать и воспроизводить короткие анимационные клипы при помощи встроенной переменной FRAME. Это создает дополнительные удобства при анализе результатов вычислений (например, можно посмотреть как мигрируют корни характеристических уравнений интервальных систем при изменении интервалов значений коэффициентов в заданных пределах).

В заключение можно отметить, что математические системы широко применяются в системе образования передовых западных стран. Их освоение в нашей системе образования позволит всерьез говорить об интеграции нашей системы образования в мировую систему и о серьезном повышении роли фундаментального математического образования.

В конечном же счете, математические системы — не более чем удобный и мощный инструмент для учащегося, педагога, инженера или научного работника. Как его применять (в методическом, научном и практическом отношении), зависит уже от пользователя.

УДК 159.9

В.Б. Сидорович

## ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ КОГНИТИВНОГО СТИЛЯ И СОЦИАЛЬНО-ПЕРЦЕПТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

*Белорусский государственный технический университет  
Минск, Беларусь*

Феноменология когнитивных стилей представляет особый интерес для изучения в связи с неоспоримой ролью индивидуальных различий между людьми. Каждый человек имеет определенный набор интеллектуальных стратегий, приемов, навыков и операций, который он использует при конструировании образа окружающего мира. Когнитивные стили — это индивидуально-своеобразные способы обработки и организации информации о своем окружении [1]. Педагог под влиянием этих индивидуальных различий отдает предпочтение определенным формам общения и воздействия, приемам работы, стратегиям поиска и отбора информации, моделям объяснения и аргументации. Данное исследование было проведено с целью уточнения особенностей взаимосвязей между когнитивным стилем личности и социально-перцептивными способностями.

Социально-перцептивные способности являются мерой точности восприятия социальных объектов. Г.А.Ковалев понимает под социально-перцептивными способностями формирующееся в деятельности общения такое целостное образование, которое обеспечивает возможность адекватного отражения психических состояний и личностного склада другого человека, верной оценки его поступков, прогнозирование на основе этой информации особенностей поведения воспринимаемого лица в конкретной социальной обстановке [2]. Данный вид способностей обеспечивает эффективную организацию общения, позволяет успешно устанавливать и поддерживать необходимые контакты с людьми.

Педагогическая деятельность педагога протекает в основном в форме общения с учебной группой или с отдельными студентами. Перцептивный компонент общения играет ведущую роль в установлении взаимопонимания

между субъектами педагогического процесса, так как определяет способность адекватно оценивать партнера по общению, правильно ориентироваться в его психологии, предвидеть его поведение в определенных ситуациях.

К настоящему времени описано около двадцати когнитивных стилей. Изначально стилевой подход формировался как альтернатива тестологического, это означало противопоставление способов переработки информации и успешности (продуктивности) познавательной деятельности. Вопрос о взаимосвязи когнитивных стилей человека и социально-перцептивных способностей может быть поставлен на основании анализа экспериментальных данных подтверждающих соотношение способов познания и социальной компетентности (работы П.Н.Иванова, А.С.Кочаряна И.П.Шкуратовой, А.Л.Южаниновой и др.). Если анализировать отношения между стилевыми и продуктивными особенностями человека, то стиль жизни отдельного человека становится близким к «стратегии достижения» жизненных целей, а когнитивный стиль относится к тактике действия.

Изучение когнитивного стиля, который характеризует индивидуальные различия в особенностях ориентации на черты сходства или черты различия объектов, имеет давнюю историю в отечественной психологии. Используя для его определения методику сортировки объектов на группы, выделяют узкий (много групп малого объема) и широкий диапазон эквивалентности (мало групп большого объема) [3]. Этот параметр отечественными психологами интерпретируется как «аналитичность» (склонность ориентироваться на выявление различий в ряду объектов) и «синтетичность» (ориентация на сходство). По предложению Р.Гарднера диапазон эквивалентности трактуется как проявление понятийной дифференцированности.

Для изучения социально-перцептивных способностей нами использовалась методика Дж.Гилфорда и М.Салливена [4], свободные описания десяти специально подобранных художественных изображений людей (4 женских образа, 4 мужских и 2 смешанных портрета, на которых присутствуют и женщины и мужчины), свободные описания 10 фундаментальных эмоций, психологический портрет человека, модифицированная методика социометрия, частный семантический дифференциал [5]. Для изучения оценочной стороны социально-перцептивных способностей, предполагающей выделение существенных признаков и логическое обобщение при восприятии человека, были выделены следующие параметры - объем, глубина, широта отражения субъективных и объективных качеств, субъектность и эмоциональность отражения. Для анализа содержания речевых описаний и формы отражения объектов познания была использована схема группировки смысловых единиц, принятая в работах А.А.Бодалева, О.Г.Кочаряна,

С.В.Кондратьевой, В.А.Лабунской, Л.Н.Рожиной и других исследователей социальной перцепции.

Математическая обработка данных была осуществлена с помощью непараметрических и параметрических критериев (корреляционного, дисперсионного анализа, критерия Манна-Уитни, корреляции Спирмена). Выбор данных методов обработки обусловлен шкалами измерения признаков и параметрами распределения.

Результаты проведенного нами исследования показали, что юноши с широким диапазоном эквивалентности (низкой понятийной дифференцированностью) дают больше эмоционально окрашенных оценочных суждений, их восприятие более яркое пристрастное, экспрессивное, отражение социальной действительности у них чаще приводит к сопереживанию и эмпатии (при  $p < 0,05$ ). А у женщин эти показатели находятся в обратной зависимости — девушки с узким диапазоном эквивалентности чаще проявляют эмоциональное соучастие к объекту перцепции. Для мужчин высокая понятийная дифференцированность определяет высокие оценки по субтесту «Вербальная экспрессия», то есть чувствительность к различным смыслам вербальных сообщений (при  $p < 0,05$ ). Так как этот субтест так же имеет значимую нагрузку по фактору познание отношений поведения, то аналитичность восприятия предполагает понимание взаимоотношений людей в парах. Однако у женщин эти влияния не значимы, для двух полюсов женской части выборки одинаковы значения способности понимать вербальные сообщения и отношения в группе.

Используя предложенную М.А.Холодной концепцию квадрупольного измерения когнитивных стилей, испытуемые по второй независимой переменной (стиль) были разделены на 4 группы: категоризаторов, глобалистов, дифференциаторов, детализаторов. Так категоризаторы при выполнении методики сортировки выделяют мало групп с низкой вариативностью их объема, глобалисты — мало групп, но с высокой вариативностью объема. Что касается дифференциаторов и детализаторов, то их отличает при одинаково большом количестве групп отсутствие или наличие групп состоящих их одного объекта.

Такое понимание когнитивных стилей, по мнению М.А.Холодной, позволяет объяснить противоречивые взаимосвязи между различными полюсами когнитивных стилей и показателями продуктивности интеллектуального функционирования. Так же объясняет накопленные результаты эмпирических исследований о изменениях в стилевой позиции человека в направлении смещения в сторону либо одного, либо прямо противоположного ему полюса. В итоге было предложено рассматривать каждый стилевой полюс



как результат расщепления на два разных типа испытуемых, различающихся по своему когнитивному статусу.

Относительно понятийной дифференцированности предположительно «глобалисты» и «детализаторы», несмотря на свою расположенность на противоположных полюсах, достаточно близкие когнитивные типы, так как выделение групп у них происходит по одному механизму. А «категоризаторы» и «дифференциаторы» сходны в выделении вертикальных разноуровневых сортировок [1]. Эта гипотеза нашла свое подтверждение при анализе наших результатов исследования. При разделении на 4 группы наиболее похожее распределение развития социально-перцептивных способностей оказалось у двух групп детализаторы-глобалисты, вторая пара групп дифференциаторы-категоризаторы. Детализаторы и глобалисты мужского пола, различаясь по количеству выделенных групп, одинаково плохо понимают чувства и намерения людей, связь между поведением и его последствиями. Такие люди могут часто совершать ошибки, попадать в конфликтные ситуации потому, что неверно представляют себе результаты своих действий или поступков, плохо ориентируются в общепринятых нормах и правилах поведения. Что касается дифференциаторов и категоризаторов у них эта способность развита хорошо. Женская часть выборки имеет прямо противоположное распределение уровня развития данной способности — детализаторы и глобалисты, сортируя объекты на основе ситуативных или субъективно-значимых критериев, хорошо могут предсказывать последствия поведения людей.

Сходную картину мы можем наблюдать и при интерпретации композитной оценки теста Дж. Гилфорда и М. Салливена. Мужская часть выборки (детализаторы и глобалисты) имеет низкий уровень развития социального интеллекта, что проявляется в трудностях при понимании и прогнозировании поведения людей. А эти же субгруппы в женской части выборки наоборот, способны извлекать максимум информации о поведении людей, понимать язык невербального общения, высказывать быстрые и точные суждения о людях, успешно прогнозировать их реакции в заданных обстоятельствах, проявлять дальновидность в отношениях с другими, что способствует успешной социальной адаптации. Юноши дифференциаторы и категоризаторы имеют высокий уровень развития социального интеллекта, а девушки — низкий.

Корреляционный анализ для остальных переменных показал наличие значимой связи между полюсом понятийной дифференцированности, точностью отражения межличностных отношений в группе, объемом свободных описаний. То есть мелкомасштабная, детализированная категоризация впечатлений предполагает адекватное понимание межличностных отношений в группе. Объяснением этого факта может быть следующее предположение: о

сложившемся стиле можно говорить только применительно к подгруппе дифференциаторов и категоризаторов, а проявление глобализма и детализации это скорее свидетельство когнитивной незрелости. Так как в нашей выборке в качестве испытуемых выступают студенты университета и среди них преобладают дифференциаторы, то знак связи положительный. Эти результаты согласуются с данными дисперсионного двухфакторного анализа субтеста «Вербальная экспрессия», который имеет значимую нагрузку по фактору познание отношений поведения и оказался связан с высокой понятийной дифференцированностью.

Семантическая структура отражения имеет мало значимых различий между аналитиками и синтетиками. При восприятии женских образов у испытуемых с высокими показателями понятийной дифференцированности актуализируется больше суждений относящихся к психическим свойствам, чертам характера, окружающим деталям. Ядро интерпретационных схем обеих групп включает одинаковые категории — это значения связанные с психическими состояниями и эстетической оценкой изображенных людей. Хотя испытуемые с узким диапазоном эквивалентности больше склонны фиксировать элементы внешнего статического облика, такие как украшения, одежда, аксессуары; соответственно люди с широким диапазоном эквивалентности чаще обращаются к описаниям событий прошлого, делают предположения, умозаключения о жизни, профессии, статусе человека. У студентов с узким диапазоном эквивалентности больше суждений по деталям окружения, о природе, выразительных движениях человека (позе, жестах, осанке, мимике), социально-демографических признаках, психических свойствах.

Таким образом, проведенное эмпирическое исследование по проблеме взаимосвязи познавательных стилей и социально-перцептивных способностей личности позволяет сделать ряд выводов. Широкий диапазон эквивалентности у юношей, узкий у девушек влияет на эмоциональность и субъектность восприятия. Юноши-аналитики чувствительны к различным смыслам вербальных сообщений. Узкий диапазон эквивалентности взаимосвязан с точностью отражения межличностных отношений в группе, объемом свободных описаний.

Логика стилевого подхода предписывает поиск сильных и слабых сторон различных когнитивных стилей. Поэтому на наш взгляд, решение вопроса об адекватности социального познания должно осуществляться не направлении, которое связывает успешность с каким-то определенным одним стилем или стилевым полюсом, а поиском возможностей реализации сильных сторон любого когнитивного стиля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Холодная М.А. Когнитивные стили: О природе индивидуального ума. — М., 2002.
2. Ковалев Г.А. О психологическом содержании социально-перцептивных способностей в контексте возможностей их оптимизации// Психолого-педагогические проблемы общения. — М., 1979. — С. 45–57.
3. Шкуратова И.П. Когнитивный стиль и общение. Ростов-на Дону: Изд-во РПУ, 1994.
4. Михайлова Е.С. Диагностика социального интеллекта. Методическое руководство. СПб., 2001.
5. Осгуд Ч., Суси Дж., Танненбаум П. Приложение методики семантического дифференциала к исследованию по эстетике и смежным проблемам // Семиотика и искусствоведение. — М., 1972. — С. 278–285.

УДК 159.9

М.А. Шапошник

### **НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Система знаний, умений, навыков, отвечающая будущей специальности студента, — необходимая предпосылка успеха его практической профессиональной деятельности.

Внешне эта система проявляется в точных, безошибочных действиях специалиста, в творческом исполнении заданий. Вместе с тем, профессиональное мастерство опирается на высокие мотивы, моральные и психологические качества специалиста. Поэтому формирование знаний, умений и навыков должно сочетаться с формированием студента в целом.

Высший профессионализм заключается не только в отличной квалификации работника в его «узкой» сфере, но и включения всего творческого потенциала личности в общий трудовой процесс, ответственности за результаты работы коллектива.

В последние годы изменилось понятие «образованность». Если раньше оно тяготело к «всезнанию», то современным образованным человеком может считаться уже не тот, кто все знает, а тот, кто способен узнать все, что ему нужно для практической деятельности. Различные виды деятельности сту-

дентов (учебная, служебная, общественная и научная) — это общий путь овладения профессией. В каждом виде деятельности проявляются, в известной мере, различные качества, знания, умения, навыки студента. Ведущей деятельностью студентов по-прежнему является учебно-профессиональная, т.е. деятельность во время плановых занятий (лекций, семинаров, практических, лабораторных занятий, контрольных работ и т.д.), и внеаудиторная деятельность — самостоятельная работа, которая требует интенсивного мышления, решения познавательных задач, ведения записи, осмысления и запоминания учебной и другой информации. Самостоятельная работа — существенный фактор теоретической и практической подготовки студентов к предстоящей деятельности специалиста, формирование профессиональных знаний, умений, навыков, а также морально-политических, нравственно-этических и психологических качеств, готовности к творческому выполнению своих обязанностей после окончания вуза.

Привлечение студентов к участию в научной деятельности также способствует формированию их профессиональной самостоятельности.

Профессиональные знания — это результат познания студентом научных основ, фактов, явлений профессиональной деятельности, их связей, свойств и отношений. Совокупность, качество профессиональных знаний студентов должны отвечать его будущей специальности, функциональным обязанностям: быть полными, глубокими, гибкими, прочными. Каждый студент должен обладать высокой готовностью к правильному использованию своих теоретических и практических знаний при выполнении задач профессиональной деятельности.

Навык — это совершенное владение действием, автоматизированный компонент сознательной деятельности. Успех профессиональной деятельности зависит и от навыков. Чем больше навыков, тем успешнее и легче идет работа. Человек в совершенстве владеющий навыками, имеет возможность сосредоточиться на главном, проявить творчество в своей деятельности, выполнить ее с большими количественными и качественными показателями.

Студенту необходимы навыки, связанные с решением различных вопросов своей будущей профессиональной деятельности. Трудно назвать профессию, в которой не нужны были бы сенсорные, двигательные, умственные (интеллектуальные), речевые навыки, навыки коллективной работы и общения.

Все названные виды навыков тесно связаны между собой. В деятельности любого специалиста они проявляются в единстве, хотя могут играть разную роль в зависимости от задач и условий деятельности. Навыки студентов должны охватывать важнейшие типичные для будущей специальности операции, а также поведение и действия, необходимые для коллективной работы.

Умение наиболее ярко проявляется в успешном использовании знаний и навыков, правильном применении их в новой и сложной обстановке. Каждому специалисту нужны многие гибкие умения, относящиеся к разным сторонам деятельности, умение планировать свою работу и анализировать ее эффективность, делать нравственно-этические оценки.

Навык ярче проявляется в повторяющихся условиях, умение же позволяет человеку творчески использовать навыки в новой обстановке.

В отличие от навыка умение предполагает четкий самоконтроль, активность сознания, овладение обобщенными способами выполнения разных задач. Например, чтобы инженер грамотно руководил производством, сегодня уже недостаточно средних знаний по специальности. Будущих инженеров следует специально учить основам управления производственными коллективами. Знания студентов технических вузов, полученные по психологии, педагогике, способствуют становлению личности специалистов нового типа, в полной мере отвечающих современным общественным потребностям. Поэтому психолого-педагогическую подготовку будущих инженеров следует рассматривать как неотъемлемую часть их профессиональной подготовки в широком смысле, т.е. как аспект гуманитаризации инженерных знаний. Профессиональные знания, навыки и умения должны составлять систему, охватывающую важные стороны профессиональной деятельности.

Для закрепления полученных знаний, необходима практика. Именно в процессе активного практического использования знаний они становятся более прочными, и часть из них переходит в навыки и умения. В период практики и стажировки учебная, общественная и научная деятельность студентов находит свое продолжение непосредственно в условиях их будущего профессионального труда. Во время практики они решают реальные профессиональные задачи, пополняют свои знания, умения, навыки, совершенствуют профессионально важные качества, приобретают опыт руководителей. Влияние практики и стажировки на профессиональное и общее развитие обучаемых тем сильнее, чем тщательнее проводится деловая и психологическая подготовка, чем действеннее оказываемая им помощь при выделении главного в новой обстановке и выполнении практикантами и стажерами поставленных задач.

Небывалый рост науки и техники, дальнейшее усложнение трудовой деятельности усилили зависимость формирования профессиональных знаний, умений и навыков у студентов от совершенствования и профессионализации их познавательных процессов: мышления, речи, воображения, памяти и т.д. Умелая профессиональная деятельность, творчество в труде невозможны, если познавательные процессы имеют серьезные недостатки: инертны,

малоподвижны, неустойчивы, неточно отражают то, что нужно для успешных действий, медленно перерабатывают необходимую информацию.

Для формирования профессиональных знаний, умений и навыков необходимо воздействовать не только на познавательные процессы, но и на направленность, чувства, волю, интересы, психологические состояния студентов. При этом решающее значение имеет организация учебной деятельности. Студент лучше овладевает знаниями на основе активизации всех познавательных процессов, если его действия побуждаются чувством ответственности за свою профессиональную подготовку, чувством долга и другими положительными мотивами. Владение знаниями требует четкого и точного их восприятия, осмысления, запоминания и применения на практике.

Глубокому творческому усвоению знаний способствует создание на занятиях проблемных ситуаций, в которых знания усваиваются не как готовые, данные преподавателем, а через процесс решения задачи, поиска или выбора ответа на вопрос, нахождение вывода. Процесс субъективного открытия неизвестного в проблемной ситуации осуществляется как поисковая познавательная деятельность субъекта, завершающаяся усвоением нового и порождением психических новообразований.

Но тут имеется одно немаловажное психологическое условие: учебная деятельность, не доставляющая внутреннего удовлетворения, не вызывающая активного мышления, внимания, запоминания, воображения, не требующая творчества, инициативы, слабо влияет на полноту и глубину усвоения знаний. Важно, чтобы на занятиях у студентов поддерживался интерес, были задействованы чувства и эмоции, мотивы поведения.

Наиболее эффективно формируются навыки на основе глубокого осмысления студентами того, что они должны делать, интереса к овладению действиями, осознание своих ошибок, а также своевременного одобрения и поощрения успехов.

Формирование умений предполагает повышение самоконтроля, управляемости действий в соответствии с лучшими образцами.

Вооружая обучаемых определенными знаниями, умениями и навыками, необходимо формировать мыслительную культуру специалистов, т.е. способности к самостоятельному анализу жизненных и профессиональных ситуаций, выявлению недостающих навыков и знаний и осуществлению на этой основе периодического «дообразования».

Развитие профессиональных знаний, умений и навыков студентов идет тем скорее, чем глубже и разносторонне разясняются им требования будущей профессии; отрицательные последствия слабой подготовленности; показываются достижения выпускников. Если же студент слабо разобрался в

задачах профессии, не проявляет интереса к своей специальности, то как показывает практика вузовского обучения, формирование профессиональных знаний, умений и навыков замедляется.

Таким образом, повышение уровня мотивации и сознательного отношения студентов к обучению — важное условие формирования системы профессиональных знаний, умений и навыков.

В формировании профессиональных знаний, умений и навыков необходим индивидуальный подход, учет требований профессии к личности студента. Индивидуальные качества существенно влияют на учебную деятельность студента, выливаясь в индивидуальную динамику формирования знаний, умений и навыков.

Усвоение знаний, выработка умений и навыков основываются главным образом на познавательной деятельности, но и в ходе обучения проявляются интересы, темперамент, характер и другие стороны психики студентов. Поэтому, анализ проявлений индивидуальных свойств в профессиональной деятельности показывает, что эти проявления могут носить как целесообразный, так и нежелательный характер. Причем даже на основе ценных с точки зрения данной профессии свойств могут сформироваться как положительные, так и отрицательные приемы деятельности. Поэтому управлять процессом формирования профессиональных знаний, навыков, умений необходимо с учетом общего уровня усвоения, развития, возраста (учебная группа, курс), так и индивидуального уровня и индивидуальных особенностей студента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Куписевич Ч. Основы общей дидактики. — М., 1986.
2. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. 1981.
3. Дьяченко М.И., Кандыбович Л.А. Психология высшей школы. Учебное пособие. — Мн.: Тесей, 2003.

**БИБЛИОТЕКА СТАНДАРТОВ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ  
СИСТЕМЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
T-FLEX.CAD В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА»**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Активное внедрение компьютерных технологий в последнее десятилетие весьма остро поставило задачу совершенствования графической подготовки инженера-педагога. Традиционно графическая подготовка инженера-педагога обеспечивалась изучением начертательной геометрии, геометрического, проекционного и профессионально направленного черчения. Это не вызывало необходимости изменения самих технологий проектирования и, соответственно, методик обучения. С появлением мощных персональных компьютеров и систем двух- и трехмерного моделирования изменились и подходы проектирования.

Среда параметрического проектирования T-FLEX.CAD принадлежит к системам автоматизированного проектирования (САПР) среднего уровня автоматизации, наравне с такими как системами, как Auto.CAD и Solid Works. На сегодняшний день T-FLEX.CAD позволяет создавать двух- и трехмерные параметрические модели, оформлять конструкторскую документацию, создавать чертежи и сборочные конструкции любой степени сложности.

T-FLEX.CAD разработана для операционной системы Windows, т.е. программа непосредственно создана на технологии Windows. В системе представлен широкий выбор создания базовых геометрических примитивов — прямых, дуг, эллипсов, окружностей, сплайнов, кривых заданных функцией или построенных на основе табличных значений координат. Линии могут иметь различную толщину, тип, цвет, уровень, слой. Система обеспечивает быстрое и несложное проставление размеров, при этом предельные отклонения просчитываются автоматически; существует несколько способов штриховки; полностью соответствует стандартам функции простановки допусков форм и расположения поверхностей, шероховатостей, различных выносок. Вывод на принтер и плоттер с предварительным просмотром может быть реализован на все виды устройств, поддерживаемых Windows. С помощью T-FLEX.CAD можно создавать трехмерные модели, выполняя операции выталкивания, вращения, лофтинга, блендинга [1]. В систему введен мощный



модуль подготовки спецификаций, система автоматически строит таблицу спецификаций на основе набора деталей. Разработчики старались минимизировать набор команд, например, для простановки размеров предназначена всего одна команда [2].

T-FLEX.CAD изначально разрабатывалась как среда параметрического проектирования. Параметризация — многократное использование чертежа с возможностью использования его параметров. Под параметризацией в рассматриваемом случае понимается построение и многократное использование элементов библиотеки стандартов для проектирования станочных приспособлений с возможностью изменения их основных параметров. При изменении основных параметров автоматически происходит изменение всех связанных с ним математическими или логическими выражениями остальных параметров чертежа. Таким образом, параметризация может стать хорошим подспорьем в вопросах типового проектирования, если при проектировании новых изделий за основу берется уже существующие элементы библиотеки и производится их корректировка путем изменения размеров, что является необходимым условием при выполнении курсового проектирования.

Механизм параметризации в T-FLEX.CAD нашел достаточно простое решение в виде переменных. Если рассматривать эти же действия, применительно к Auto.CAD, то для создания параметрического чертежа конкретной детали, необходимо написать программу на встроенном в Auto.CAD языке AutoLisp, предварительно ознакомившись с синтаксисом этого языка. Конечно, можно перечертить чертеж, не заново, а лишь изменив положение некоторых линий, что потребует некоторого времени.

В системе T-FLEX.CAD нет необходимости создавать несколько отдельных чертежей, например, для втулок различного диаметра. Достаточно построить параметрическую модель втулки и, задавая в качестве параметров элементов построения соответствующие значения из таблицы, получать различные модификации втулки.

Помимо того, что с системой T-FLEX поставляется пользователю множество библиотек стандартных элементов, также позволяет проектировщику легко и просто создавать свои собственные параметрические библиотеки.

На кафедре «Основы машиностроительного производства и профессиональное обучение» инженерно-педагогического факультета Белорусского национального технического университета разрабатывается методика проектирования станочных приспособлений по курсу «Технологическая оснастка» с использованием системы параметрического проектирования T-FLEX.CAD. Курсовые проекты выполняются для закрепления знаний теоре-

тического курса и практического их приложения, т.е. приобретения первоначальных умений в конструировании сравнительных несложных приспособлений [3].

Разработка и внедрение в учебный процесс подготовки инженера-педагога компьютерного проектирования специальных станочных приспособлений позволит повысить уровень специализированной подготовки специалиста, что в свою очередь повышает востребованность специалиста на рынке труда и позволяет сократить период его адаптации к профессиональной деятельности.

На базе системы параметрического проектирования T-FLEX.CAD возникла необходимость создания библиотеки стандартов для проектирования станочных приспособлений (БССП), которая в свою очередь обладает рядом преимуществ над традиционной методикой проектирования:

- позволит значительно сократить время и трудоемкость проектирования;
- БССП можно использовать как электронный учебник. Для этого достаточно одного ПК и печатного устройства;
- экономия времени на поиск информации;
- возможность работы вне аудитории.

Эти достоинства позволяют вести подготовку специалистов на современном уровне с достаточно высокими предъявляемыми к ним требованиями.

Рассмотрим пример работы с БССП. При проектировании станочного приспособления студенту необходимо использовать большой объем специальной литературы, а именно: справочники и библиотеку ГОСТов. В нашем случае эту работу с массой различного рода литературы можно исключить. Пользователю будет необходимо открыть каталог станочных приспособлений (рис. 1), выбрать необходимые детали и узлы, например, быстросменные втулки и при этом в правой части таблицы отобразятся численные параметры данных втулок. Затем мышью отмечаем номера втулок, необходимые для проектирования.

Делая активной графу «Элементы» (рис. 2), выносим из общего количества изделий выбранные втулки, что позволит не акцентировать внимание на другие геометрические параметры оставшихся втулок. Затем, таким же образом, студент может вывести на печать не только все, что касается втулок, но и другие, нужные ему элементы с числовыми характеристиками.

Каталог станочных приспособлений

Страна

Втулки кондукторные

- Постоянные
  - Постоянные с буртиком
    - Сменные
      - Быстросъемные
        - Промежуточные
          - Промежуточные с буртиком
            - Элементы для установки ко
              - Установы, шуты
                - Прихваты
                  - Установочные и опорные эл
                    - Ручки, ножки
                      - Ручки звездобразные
                        - Ручки неподвижные
                          - Ручки подвижные
                            - Ручки с винтовым крепл
                              - Корпус, элементы корпусов

| №   | Параметры |     |    | Элементы |   |   | Отчет |     |     |     |      |     |
|-----|-----------|-----|----|----------|---|---|-------|-----|-----|-----|------|-----|
|     | В         | В   | В  | В        | В | В | В     | В   | В   |     |      |     |
| 3,4 | 6,3       | 6,3 | 12 | 6        | 8 | 3 | 8     | 1   | 0,6 | 0,3 | 4... | 0,2 |
| 3,4 | 6,3       | 6   | 12 | 6        | 8 | 3 | 8     | 1   | 0,6 | 0,3 | 4... | 0,2 |
| 3,4 | 6,3       | 10  | 12 | 6        | 8 | 3 | 10    | 1   | 0,6 | 0,3 | 4... | 0,2 |
| 3,4 | 6,3       | 12  | 12 | 6        | 8 | 3 | 12    | 1   | 0,6 | 0,3 | 4... | 0,2 |
| 3,4 | 6,3       | 16  | 12 | 6        | 8 | 3 | 14    | 1   | 0,6 | 0,3 | 4... | 0,2 |
| 4,5 | 8         | 6,3 | 14 | 7,7      | 9 | 4 | 4     | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 5    | 0,3 |
| 4,5 | 8         | 6,3 | 16 | 7,7      | 9 | 4 | 4     | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 6    | 0,3 |
| 4,5 | 8         | 8   | 14 | 7,7      | 9 | 4 | 6     | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 5    | 0,3 |
| 4,5 | 8         | 8   | 16 | 7,7      | 9 | 4 | 6     | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 6    | 0,3 |
| 4,5 | 8         | 10  | 14 | 7,7      | 9 | 4 | 8     | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 5    | 0,3 |
| 4,5 | 8         | 10  | 16 | 7,7      | 9 | 4 | 8     | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 6    | 0,3 |
| 4,5 | 8         | 12  | 14 | 7,7      | 9 | 4 | 10    | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 5    | 0,3 |
| 4,5 | 8         | 12  | 16 | 7,7      | 9 | 4 | 10    | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 6    | 0,3 |
| 4,5 | 8         | 16  | 14 | 7,7      | 9 | 4 | 12    | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 5    | 0,3 |
| 4,5 | 8         | 16  | 16 | 7,7      | 9 | 4 | 12    | 1,6 | 0,6 | 0,3 | 6    | 0,3 |
| 5,2 | 9         | 6,3 | 18 | 8,7      | 9 | 4 | 4     | 1,6 | 0,8 | 0,4 | 7    | 0,3 |
| 5,2 | 9         | 8   | 18 | 8,7      | 9 | 4 | 6     | 1,6 | 0,8 | 0,4 | 7    | 0,3 |
| 5,2 | 9         | 10  | 18 | 8,7      | 9 | 4 | 8     | 1,6 | 0,8 | 0,4 | 7    | 0,3 |

Рис. 1. Каталог элементов станочных приспособлений

Каталог станочных приспособлений

Страна

Втулки кондукторные

- Постоянные
  - Постоянные с буртиком
    - Сменные
      - Быстросъемные
        - Промежуточные
          - Промежуточные с буртиком
            - Элементы для установки ко
              - Установы, шуты
                - Прихваты
                  - Установочные и опорные эл
                    - Ручки, ножки
                      - Ручки звездобразные
                        - Ручки неподвижные
                          - Ручки подвижные
                            - Ручки с винтовым крепл
                              - Корпус, элементы корпусов

| №                              | Элемент       | ГОСТ      | Параметры                 |   |
|--------------------------------|---------------|-----------|---------------------------|---|
|                                |               |           | В                         | В |
| <input type="checkbox"/> 740/4 | Быстросъемные | 7051-4607 | NUM1=7051-4607; NUM2=7... |   |
| <input type="checkbox"/> 740/9 | Быстросъемные | 7051-4621 | NUM1=7051-4621; NUM2=7... |   |

Рис. 2. Перечень выбранных элементов

В данном случае рассмотрели только один вариант возможного использования каталога элементов станочных приспособлений. БССП предоставляет информацию в виде графического изображения конструктивных элементов, а так же их краткую характеристику.

Таким образом, разрабатывается новая методика проектирования специальных станочных приспособлений, совершенно отличная от традиционной схемы. В качестве средства обучения выступает компьютер, в качестве программных средств — система параметрического проектирования T-FLEX.CAD, преимущества которой перед другими системами автоматизированного проектирования указаны выше.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. T-FLEX.CAD — Российская параметрическая САПР// Компьютер-Пресс. — 1997. — №4. — С. 23–24.
2. T-FLEX.CAD – комплексное решение задач проектирования // САПР и графика. 1998. — №2. — С. 12–13.
3. Горбацевич А.Ф. Методические указания по выполнению курсовых проектов по курсу «Проектирование станочных приспособлений» для студентов заочной формы обучения специальности 0577 — «Машиностроение», — Мн. 1985.

УДК 6:378

**Л.И. Шахрай, А.Ф. Горбацевич, Л.Н. Ясюкевич**

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-ПЕДАГОГОВ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Компьютерная обработка информации стала возможной благодаря широкому спектру научных исследований. Современный этап их развития характеризуется не только эффективным решением множества важнейших научных задач, но и появлением и расширяющимся применением в разных областях науки и техники профессиональных инструментальных средств. В сфере инженерной деятельности инженера-педагога важнейшими такими инструментами стали прежде всего интегрированные системы автоматизированного конструирования и технологической подготовки производства. Практическое освоение реализуемых с их помощью прикладных информа-

ционных технологий (ИТ) — актуальная задача высшей технической школы и промышленности, важный критерий обеспечения конкурентоспособности образования и промышленности.

Информационное общество, законы построения и развития мирового общественного пространства требуют новых подходов и технологий в образовании. Новые требования к уровню образованности и компетентности личности инженера-педагога диктуются современным уровнем развития науки, техники, общества. Использование информационных технологий в процессе обучения является объективной реальностью и необходимостью. Создание и внедрение в учебный процесс подготовки инженеров-педагогов компьютерных технологий обучения позволит сократить дистанцию между фактическим уровнем развития науки и техники и содержанием вузовского образования. На сегодняшний день в условиях компьютеризации всех отраслей промышленности и образования (согласно Республиканской программе «Информатизация системы образования», утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь» от 29.01.1998 г. №129) владение компьютерной грамотой является одним из важнейших показателей профессионального мастерства, мобильности и конкурентоспособности специалистов, так, специалист с квалификацией инженер-педагог должен уметь:

- использовать компьютерные методы сбора, хранения и обработки информации в сфере профессиональной деятельности;

- приобретать новые знания, используя современные информационные технологии;

- применять современные технологии, приемы и методы обучения [1].

Поэтому важно постепенно перейти к стратегии замещения традиционного образования информатизированным с участием основной массы студентов и преподавателей широкого круга общетехнических и специальных дисциплин (инженерных дисциплин — ИнД).

Информатизация инженерно-педагогического образования как сфера деятельности характеризуется рядом показателей, составляющих микромодель, представленную в виде векторного графа на рис. 1. Значения этих показателей представляют собой оценки, полученные на основе анализа существующей системы подготовки инженера-педагога.

Как видно из рис. 1, значения пяти из шести показателей для существующего (при традиционном, неинформатизированном образовании) и идеального положений дела диаметрально противоположны.

Успех информатизации инженерного образования в значительной мере определяется показателем «Разрыв преподавания ИТ и ИнД». Основная причина (помимо связанных с финансовыми проблемами) общая. Это — слабое

владение и внедрение ИТ преподавателями ИнД, тогда как основная часть необходимых современному инженеру-педагогу знаний ИТ связана с практическим освоением ряда профессиональных инструментов при решении задач конструкторско-технологической подготовки производства [2]. Основные причины такого положения кроются в отсутствии реальных стимулов у преподавателей применять ИТ в учебном процессе, недостаточной доступности для них ЭВМ, в психологическом барьере освоения ИТ и крайне динамичном развитии аппаратного и программного обеспечения.

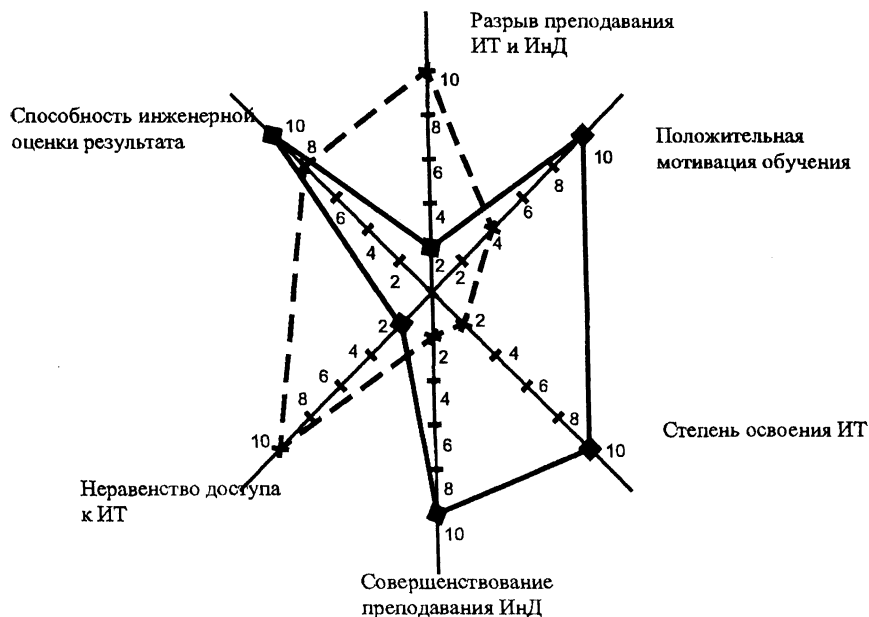


Рис. 1. Микромодель инженерно-педагогического образования  
 Условные обозначения: ■ — идеальная оценка; x — существующее положение

Стратегия информатизации сферы образования при традиционном инженерно-педагогическом образовании обеспечивает большое неравенство доступа к ИТ между преподавателями ИнД и преподавателями ИТ, между студентами инженерно-педагогических специальностей и специальностей по ИТ, САПР и т.п.

Слабое владение ИТ преподавателями ИнД, ограниченный доступ последних к ИТ и вычислительной технике предопределяют слабую эволюцию

преподавания ИнД в сторону применения ИТ, что необходимо для обеспечения конкурентоспособности образования и промышленности. Между тем, преподаватели ИнД — основные носители профессиональных знаний, без них такая эволюция практически невозможна. Степень освоения ИТ преподавателями ИнД и студентами инженерно-педагогической специальности в целом на сегодня низкая. В условиях интенсивного развития ИТ вообще и компьютерного проектирования в частности, ограниченного ресурса времени, отводимого на изучение ИТ в учебных планах инженерно-педагогических специальностей, этот показатель растет очень медленно.

Рассмотренная ситуация по крайней мере не способствует развитию и закреплению положительной мотивации обучения, т.к. в обществе уже сформировано отношение к ИТ как к знаниям, открывающим значительные материальные, профессиональные и карьерные возможности.

Для достижения «идеальных» значений показателей рассмотренной микромодели инженерного образования при подготовке инженеров-педагогов (см. рис. 1), обеспечивающих конкурентоспособность образования и промышленности, необходимо модифицировать дидактическую систему инженерного образования, рассматривая ее как совокупность педагогических и организационных мероприятий, обеспечивающих информатизацию образования на основе ИТ с участием все более широкого круга преподавателей и студентов.

Развитие умений будущего инженера-педагога при работе с компьютерной техникой можно условно разделить на ряд этапов:

1. Изучение офисных технологий.

1.1 MS Word (подготовка документов).

1.2 MS Excel (электронные таблицы, графики, диаграммы, гистограммы).

1.3 MS Access (базы данных).

1.4 MS Outlook Express (электронная почта).

2. Изучение информационных технологий для формирования профессиональной компетентности.

2.1 Система автоматического проектирования AutoCAD.

2.2 Система параметрического проектирования T-FLEX.CAD.

2.3 Редактор растровой графики PhotoShop.

2.4 Векторная графика ColerDraw.

3. Изучение сетевых технологий для формирования профессиональной мобильности.

3.1 Windows 2000 Server.

3.2 Windows NT 4.0.

3.3 Linux.

4. Изучение и разработка компьютерных обучающих программ.

4.1 Информационно-справочные (автоматизированные системы обучения, справочные системы).

4.2 Обучающие (лабораторные практикумы).

4.3 Тренировочные (тренажеры).

4.4 Имитационные и моделирующие.

4.5 Проблемно-обучающие.

4.6 Игровые.

За период обучения студентов по специальности «Профессиональное обучение» предусмотрено до 10 курсовых работ и проектов по общетехническим, общинженерным и специальным дисциплинам, лабораторные работы. Это обеспечивает получение студентами знаний, умений и навыков по использованию многогранных возможностей такого класса систем.

На кафедре «Основы машиностроительного производства и профессионального обучения» инженерно-педагогического факультета Белорусского национального технического университета разрабатывается дидактическая система, базирующаяся на использовании ИТ, прежде всего — системы параметрического проектирования

T-FLEX.CAD.

Здесь, в частности, предусмотрено обязательное практическое использование студентами единого инструмента — базовой T-FLEX.CAD системы при выполнении самостоятельных работ (практических занятий, лабораторных работ, курсового и дипломного проектирования), выполняемых обучаемыми по всем техническим дисциплинам учебного плана на каждом курсе обучения. Для обеспечения получения инженерных навыков при применении ЭВМ, без чего немислимо достижение качества технических решений, выполнение всех проектов с использованием системы

T-FLEX должно вестись под руководством преподавателей инженерных дисциплин, а не информатики.

Для реализации предложенной системы студенты специальности 1-08.01.01 (П.03.01) «Профессиональное обучение» могут выполнять различные виды работ с использованием многочисленных программных средств (табл. 1).

В результате этой работы вырабатывается механизм осуществления информатизации инженерно-педагогического образования. Он основан на постепенном, но неуклонном вовлечении в ИТ преподавателей, ведущих курсовое и дипломное проектирование, через повышение их квалификации в области ИТ.

Принятые обозначения: к/п — курсовой проект, к/р — курсовая работа, РГР — расчетно-графическая работа, л/р — лабораторная работа, п/р — практическая работа, д/п — дипломный проект.



Возможное применение программных средств обучения

| Наименование учебной дисциплины               | Семестр | Программные средства                    | Вид занятия   |
|---|---------|---|---------------|
| Начертательная геометрия и инженерная графика | 1,2,3   | T-FLEX.CAD                              | РГР, л/р, п/р |
| ТММ   | 5       | MS Word, ColerDraw, T-FLEX.CAD          | к/р, л/р, п/р |
| Детали машин                                  | 6       | T-FLEX.CAD, MS Word, AutoCAD            | к/п, п/р      |
| Теория резания и режущий инструмент           | 5,6,7   | T-FLEX.CAD, MS Word, MS Excel, AutoCAD  | к/р, л/р      |
| Технологическая оснастка                      | 7,8     | T-FLEX.CAD, MS Word, AutoCAD            | к/п, л/р      |
| Технология машиностроения                     | 8,9     | MS Word, AutoCAD, T-FLEX.CAD            | к/п, п/р      |
| ДП  | 10      | T-FLEX.CAD, AutoCAD, MS Word, ColerDraw | д/п           |

Рассмотренный подход обеспечивает активное профессиональное освоение студентами ИТ в ходе изучения ИнД, способствует повышению положительной мотивации обучения инженерным специальностям, сокращению разрыва в преподавании ИТ и ИнД, что в конечном итоге позволит повысить качество образования, ускорить адаптацию выпускников вузов к производственной деятельности, упрочить конкурентоспособность инженерно-педагогического образования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Образовательный стандарт. Высшее образование. Специальность П.03.01.00 «Профессиональное обучение». Министерство образования РБ, Минск. 2. Юрин В.Н. Инженерное образование и информационные технологии: проблемы и опыт их решения //Вестник машиностроения. — 1998. — № 5. — С. 44–51.

## УСЛОВИЯ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Процесс обучения направлен на передачу новым поколениям опыта, накопленного человечеством в ходе всего своего исторического развития. Темп развития человеческого общества все время возрастает, и сейчас наблюдается буквально лавинообразный рост объема научных знаний. Возникло противоречие между ростом объема знаний, их постоянным обновлением и ограниченными сроками обучения. Чрезмерное расширение и усложнение содержания учебных программ приводит к значительным перегрузкам, подрывающим физическое и психическое здоровье учащихся и студентов. Естественно, что такая организация учебно-воспитательного процесса должна уступить место той, которая будет нацелена на формирование логической культуры мышления, умения самостоятельно использовать реконструированные применительно к потребностям практики научные знания. В этой связи усвоение теоретических, но слабо структурированных знаний является малоэффективным. Избежать ошибок в рассуждениях, принимать рациональные решения может помочь практическое владение логическими операциями. В традиционной же практике обучения приемы логического мышления не выступают в качестве объекта специального формирования ни в средней, ни в высшей школе. Процесс их становления происходит преимущественно стихийно, учителя часто не знают системы необходимых приемов, их содержания и последовательности формирования. Ни один из общеобразовательных предметов (ни математика, ни биология и др.) не изучает процесс мышления как таковой и условия его правильности.

Одним из путей разрешения данной проблемы является постоянное совершенствование развивающего эффекта обучения. Иными словами, развитие самостоятельного, творческого мышления будущего профессионала, формирование мыслительных операций, осознание их логической стороны диктуется требованиями жизни и практики профессионального образования.

Профессиональное мышление представляет собой сложный синтез знаний и операциональных комплексов, объединенных в соответствии с логикой решаемых задач, поэтому подготовка специалиста должна опираться на значительный объем систематизированных научных понятий и на соответ-

ствующий уровень развития мыслительных операций. Эффективность будущей практической деятельности зависит не только от количества фактов и явлений, известных учащемуся или студенту, но и от понимания существенных связей между ними. Для представителей ряда профессий способность логически мыслить имеет исключительное значение еще и потому, что их деятельность требует сведения до минимума возможности ошибки при принятии решений. Однако в ряде исследований было выявлено, что употребление учащимися таких логических операций, как определение и классификация понятий, не носит достаточно осознанного характера даже к концу школьного обучения, а вербально-логическое мышление слабо развито даже у студентов вузов [3, 5].

В ряде работ как зарубежных, так и отечественных авторов, предлагается усилить развитие мышления студентов путем введения специального предмета: практическая логика, культура мышления и т.п. [6]. Так как на сегодня ни одно из указанных предложений еще не реализовано, по нашему мнению, культуру мышления следует развивать, прежде всего широко применяя логические операции в условиях существующих систем обучения.

Роль логических операций в систематизации знаний отмечалась в ряде исследований отечественных психологов, но, судя по публикациям, эта проблема остается малоизученной [1, 3, 4]. Сформулированное Л.С. Выготским положение о том, что понятие представлено в сознании человека в виде более или менее упорядоченных систем и его содержание раскрывается через содержание других, связанных с ним понятий [2], не получило дальнейшего развития.

Систематизация формируемых понятий и, следовательно, предупреждение формального усвоения знаний, может быть достигнута за счет интенсивного использования логических операций (классификации и систематизации) в процессе профессионального образования, осуществляемого в вузах.

Преподавание учебных дисциплин, основанное на интенсивном использовании логических операций, способствует осмыслению научных понятий, так как кроме содержания понятий фиксирует еще и связи, отношения между ними, что позволяет усвоить учебный предмет как систему, в которой все структурные элементы органически связаны друг с другом. Осмысление, являясь самым общим процессом установления связей между понятиями, направлено на смысловую организацию материала, которая представляет собой процесс внутреннего структурирования воспринимаемого содержания, основанного на установлении логико-семантических отношений между его компонентами. В результате происходит расширение объема системы понятий, выражающееся в росте информированности, компетентности, и повы-

шение оперативной действенности этих понятий (включение их в различные смысловые комплексы, выявление новых смысловых связей для анализа, интерпретации и трансформации конкретных практических ситуаций). Формируемая в результате обобщенная система фундаментальных понятий той или иной науки позволит будущему специалисту более эффективно объединять разрозненные факты и явления, организовывать и осмысливать всю поступающую информацию. Освоение же навыка использования системы логических операций в обучении и осуществление его переноса выступает в качестве внутреннего условия самоорганизации учебной деятельности и обуславливает переход от репродукции материала к его реконструкции.

Интенсивное использование логических операций классификации и систематизации на практике реализуется посредством структурно-системной организации всего учебного материала, логического анализа научных категорий и их описания на уровнях внутривидовой и межвидовой систематизации, что позволяет проанализировать существенные признаки, свойства и функции понятия как системы. Переход от рассмотрения целого к содержательному анализу системы на уровне ее элементов раскрывает внутреннее строение системы и системообразующие связи как условия ее формирования.

На этапе изучения нового материала построение структурно-логической схемы, отражающей основные понятия и связи между ними, позволяет раскрыть системные свойства изучаемого объекта, выступает как средство (алгоритм) организации познания реальности. Предполагая анализ, обобщение и абстрагирование, схема служит развитию понятийного мышления студентов. Следует отметить, что построение структурно-логической схемы может быть использовано в качестве одной из форм контроля за усвоением знаний, поскольку такое отображение содержания изученной темы служит моделью ее понимания и может быть использовано для качественной оценки глубины и отчетливости понимания обучающимися нового материала.

Следует уделять внимание использованию вопросов, предполагающих операцию подведения под понятие, поскольку это обеспечивает понимание содержания понятия применительно к реальным условиям жизнедеятельности и одновременно — произвольное запоминание уже выявленных существенных признаков и смысловых связей между понятиями, входящими в структуру системы. Правильные ответы демонстрируют уровень понимания учебного материала. Обсуждение предлагаемых ситуаций вызывает активность, оживление, раскрывает практическое значение изучаемых понятий.

Побуждение учащихся к самостоятельной формулировке необходимого и достаточного определения понятия, а также логическому анализу дефини-

ций обеспечивает усвоение существенных признаков изучаемых понятий, развивает у студентов критичность мышления. Знакомство с логической структурой определений и правилами их построения позволяет в случае необходимости восстановить забытое путем логического рассуждения.

Можно предложить использовать тематические «ассоциативные минутки», способствующие актуализации основных понятий по теме и смысловых связей между ними, а также стимулирующие развитие творческих способностей.

Решение задач логического характера, направленных на уточнение определений научных понятий, построение логических рядов понятий с последующим объяснением установленных связей и определение места понятия в системе знаний, распознавание того или иного явления по описываемым в задаче признакам, а также на использование знаний в условиях, моделирующих конкретные практические ситуации, обеспечивает установление всех характеристик и связей рассматриваемого объекта, определение места новых понятий в системе уже имеющихся знаний, выделение оснований для выбора способа решения.

Формируемые на конкретном предметном материале логические операции носят общий, универсальный характер, и поэтому могут в дальнейшем широко применяться при усвоении других учебных предметов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова М.К., Козлова В.Т. Психологическая коррекция умственного развития школьников: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. — М.: Изд. центр «Академия», 2000. — 160 с.
2. Выготский Л.С. Мышление и речь // Собр. соч.: В 6 т. — М.: Педагогика, 1982. — Т. 2. — С. 5–361.
3. Гурова Л.Л. Процессы понимания в развитии мышления // Вопр. психологии. — 1986. — № 2. — С. 126–137.
4. Заика Е.В. Комплекс интеллектуальных игр для развития мышления учащихся // Вопр. психологии. — 1990. — № 6. — С. 86–92.
5. Подгорецкая Н.А. Изучение приемов логического мышления у взрослых. — М.: Изд-во МГУ, 1980. — 150 с.
6. Современные проблемы формирования у учащихся и студентов культуры мышления и умственного труда: Материалы Респ. науч.-практ. конф., 25 апр. 2000 г., Минск / Под ред. Н.А. Березовина. — Минск: БГУ, 2000. — 254 с.

## РЕФЕРАТЫ

*УДК 621.002.56; 621.001.4; 621:658.011.56*

Аверченков В.И., Федоров В.П., Нагоркин М.Н., Нагоркина В.В. **Технологическое обеспечение качества и эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин на базе комплексной компьютеризации процессов обработки и измерения** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С 3.

В статье рассматриваются вопросы технологического обеспечения качества и эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин на основе применения измерительно-информационных систем, позволяющих автоматизировать процессы управления обработкой и измерения параметров. –Ил. 2. Библиогр. 2.

*УДК 621.787.6: 519.8*

Афаневич В.В. **Математическое моделирование процесса инерционно-импульсного раскатывания цилиндрических отверстий** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 9.

Рассмотрен инструмент и математическая модель процесса инерционно-импульсной обработки внутренних цилиндрических поверхностей. – Ил. 3.

*УДК 658.51:621.81*

Беляков Н.В. **Методика проектирования индивидуального маршрута обработки заготовок корпусных деталей внутри этапов типовой схемы обработки** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 14.

Предложена методика синтеза индивидуального маршрута обработки заготовок корпусных деталей отличающаяся тем, что впервые для данного класса деталей решается задача определения порядка обработки поверхностей, порядка смены баз внутри этапов механической обработки, а также вида компонентов (установочная, направляющая, опорная и т.д.) комплекта баз. – Ил. 2. Табл.1. Библиогр. 3.

*УДК 621.91.04*

Данилов В.А., Терентьев В.А. **Общие принципы управления формообразованием при обработке резанием** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып.20. –С . 21.

Рассмотрены проектировочные и технологические методы управления формообразованием. Дана классификация методов, определено их назначение. – Ил. 3. Библиогр. 7.

*УДК 658.512.4:681.31:519.6*

**Кухта С.В., Сурганов И.П., Хейфец М.Л. Информационная система метрологического обеспечения качества на предприятии машиностроения // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 27.**

Рассмотрены алгоритм выбора средств контроля по критериям достоверности и экономической эффективности и его математическая модель. Разработана информационная система метрологического обеспечения технологической подготовки производства, позволяющей выбрать рациональный комплект мерительных инструментов для контрольной операции. –Табл.1. Библиогр.5.

*УДК 6553.8*

**Луговой В.П. Формирование поверхностного слоя при шлифовании ювелирных камней // Машиностроение. – Мн., 2004. –Вып.20. – С. 32.**

Рассмотрены особенности образования шероховатости поверхности при алмазно-абразивной обработке ювелирных камней. Приведено описание методики исследований и результаты экспериментов. – Ил.3. Библиогр.3.

*УДК 621.923*

**Масилевич А.В., Махаринский Е.И. Оценка погрешности определения глубины дефектного подповерхностного слоя шлифованной поверхности, при допущении постоянства теплофизических параметров // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 38.**

Приведено численное решение задачи распространения гетла в подповерхностном слое шлифуемой заготовки с теплофизическими характеристиками, зависящими от температуры. Приведены результаты сравнительного анализа глубины и времени прогрева до критической температуры фазовых превращений заготовок из четырех групп сталей. Сравнение производилось для трех допущений о коэффициентах теплопроводности и теплоёмкости (постоянные при начальных температурах, среднеинтегральные и зависящие от температуры). – Ил. 2. Библиогр. 5.

УДК 621.01:004:347.78

Пашкевич В.М. **Разделение кинематических погрешностей зубчатых пар** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 43.

В статье описывается процедура выделения кинематических погрешностей зубчатых колес из записи кинематической погрешности многоступенчатой передачи. – Ил.2.

УДК 621.9.02 (035)

Присевко А.Ф., Веренчук В.В., Беляев Г.Я. **Технология формирования резбовых поверхностей** //Машиностроение. – Мн., 2004.– Вып.20. –С. 49.

Представлены обобщенные теоретические, экспериментальные и практические сведения по вопросам технологии формирования резбовых поверхностей общемашиностроительного применения в системе «резьба ISO». Приведенные нормативы режимов резания при нарезании резьбы позволяют выбрать скорость, глубину резания и подачу в зависимости от вида резьбы, материала, точности и качества резбовой поверхности, заданного эксплуатационного ресурса и требуемой производительности. – Ил.3. Табл.2. Библиогр. 4.

УДК 621.7.011.56

Сагайда П.И. **Обоснование модели представления знаний для разработки и исследовании экспертной системы АСУ керамическим производством** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 61.

Рассмотрена модель представлений знаний для разработки экспертной системы АСУ керамическим производством. Показано, что для построения эффективной экспертной системы целесообразно использовать объектно — ориентированный подход. – Табл. 3. Библиогр. 3.

УДК 621.789-977

Сакович Н.А. **Влияние термомеханической обработки на величину микронапряжений в металлопокрытиях** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 65.

Приведены результаты исследования влияния термомеханической обработки (ТМФ) на величину микронапряжений в металлопокрытиях. Показано, что в результате ТМО величина микронапряжений по сравнению с обычной закалкой увеличивается. – Табл. 2. Библиогр. 2.



УДК 621.9.01 (075.8)

Филонов И.П., Курч Л.В., Чепик П.П., Даабуб А.М. **Расширение технологических возможностей обработки внутренних торцово-цилиндрических поверхностей корпусных деталей на станках с ЧПУ** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 68.

Описан способ обработки внутренних торцово-цилиндрических поверхностей корпусных деталей на станках с ЧПУ, позволяющий расширить технологические возможности и повысить производительность данного вида механообработки. – Ил.2. Библиогр.2.

УДК 621. 771

Щукин В.Я., Исаевич Л.А., Кожевникова Г.В. **Теоретические вопросы поперечно-клиновой прокатки**// *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 72.

Рассмотрены особенности поля линий скольжения при поперечной прокатке. По экспериментальной зависимости количества циклов нагружения при поперечной прокатке построена диаграмма пластичности алюминия АД-1. – Ил. 2. Библиогр. 3.

УДК 621.9.01 (075.8)

Филонов И.П., Курч Л.В., Даабуб А.М. **Разработка теоретических основ экспертной системы оценки методов обработки и сборки**// *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 77.

Рассмотрены новые подходы к анализу и моделированию технологических процессов обработки и сборки с использованием методик многокритериальных оценок вариантов проектных решений. – Библиогр.4.

УДК 621.9.01 (075.8)

Filonov I.P., Kourtch L.V., Daabub A.M. **Технико-экономический анализ процессов сборки с использованием экспертной системы, обеспечивающей снижение себестоимости продукции машиностроения** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 81.

Рассмотрены новые подходы к анализу и моделированию технологических процессов сборки с использованием разработанных программных пакетов в среде КАРРА-РС. – Ил. 1, Библиогр.4.

УДК.622.232.7:007.51

Li Jian-zhong, Шадуя В.Л. **Анализ применения компьютеров при проведении эргономических исследований** // Машиностроение.– Ми., 2004. –Вып.20.– С. 84.

Рассмотрены причины и способы применения компьютеров при проведении эргономических исследований . Представлен метод исследования компьютером системы «человек-машина-среда» в очистном забое. – Ил.1. Библиогр. 4.

УДК 621.762:71

Биленко Э.Г. **Упрочнение твердосплавных пластин типа ТК посредством ионно-лучевой обработки** // Машиностроение. – Мн. – 2004. – Вып. 20. – С. 90.

Исследовано влияние ионно-лучевой обработки азотом на износостойкость твердого сплава Т15К6. Установлено, что микротвердость сплава увеличилась с 18 до 22 ГПа, износостойкость в режиме трения без смазки в 1,3 раза. – Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. 3.

УДК 674.05, 666.3

Бурносов Н.В., Гурин Д.И. **Теоретические и экспериментальные предпосылки упрочнения режущих кромок фрезерных ножей самофлюсующимися материалами для обработки древесных материалов** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 94.

Рассмотрены возможности применения самофлюсующихся материалов для упрочнения режущих кромок фрезерных ножей при обработке древесных материалов. Проведен предварительный эксперимент на составах порошков ПГ-СР4 и ПГ10Н-01, полученные результаты позволяют обосновать возможность использования данной технологии в промышленности. – Библиогр.1.

УДК 621.785.545:62-272

Гордиенко А.И., Ивашко В.В., Тарарук А.И., Вегера И.И. **Поверхностная скоростная электротермообработка рессор с применением ТВЧ** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 96.

Разработаны режимы поверхностного индукционного упрочнения рессор из стали 50ХГФА. Оптимизированы параметры упрочняющей поверхностной термообработки. – Ил.1. Библиогр.5.

УДК 621.793

Девойно О.Г., Кардаполова М.А. **Формирование микрорельефа в процессах лазерного легирования** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 101.

Исследовано влияние технологических параметров лазера на линейные характеристики упрочненных зон. Установлен механизм формирования микрогеометрии в процессах лазерной обработки с плавлением поверхностного слоя. Получены рекомендации по величинам припуска чистовой механической обработки. – Ил.3. Табл.1. Библиогр.2.

УДК 621.793

Иващенко С.А., Самаль А.М., Голушко В.М. **Подготовка поверхности подложки для нанесения вакуумно-плазменных покрытий** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 108.

Рассмотрены методы подготовки поверхности под нанесение вакуумно-плазменных покрытий. Рассмотрены принципиальные отличия подготовки поверхности аморфных материалов от кристаллических. – Библиогр. 7.

УДК 621.937

Киселев М.Г., Степаненко Д.А. **Математическое описание виброударного режима работы акустической системы с промежуточным деформирующим инструментом** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 113.

Предложено математическое описание динамики движения концентратора в разомкнутой акустической системе с промежуточным деформирующим инструментом в фазе отрыва концентратора от деформируемого основания. Выполнена оценка величины импульса, передаваемого концентратором деформируемому основанию через промежуточный деформирующий инструмент в моменты силового замыкания звеньев системы. – Ил. 1. Библиогр. 2.

УДК 621.793

Кожуро Л.М., Мрочек Ж.А., Миранович А.В. **Исследование износостойкости покрытий, сформированных электромагнитной наплавкой с различными конструкциями магнитных систем** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 118.

Проведено исследование износостойкости покрытий, полученных ЭМН с электрическими и постоянными магнитами. Установлено, что на величину

износостойкости покрытий оказывает влияние не только химический и фазовый составы покрытий, но и механизм воздействия магнитной индукции на поверхность заготовки в рабочем зазоре, зависящий от конструктивного исполнения магнитных систем. Выявлено, что покрытия, полученные ЭМН с постоянными магнитами, для всех исследуемых материалов порошков имеют износостойкость выше на 20 ... 35 % по сравнению с покрытиями, полученными с электрическими магнитами. – Ил. 2. Библиогр. 3.

*УДК 621.789-977*

**Крайко С.Э. Влияние толщины поглощающего покрытия на распределение микротвердости при лазерной термообработке // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 124.**

Приведены результаты исследования распределения микротвердости по глубине упроченного слоя в зависимости от толщины поглощающего покрытия при лазерной закалке импульсным излучением.

Показано, что наилучшие результаты достигаются при комплексном покрытии состоящее из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета и окисной пленки ортофосфорной кислоты при толщине покрытия  $h = 10$  мкм и мощности излучения  $W_p = 8,4 \times 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>. – Ил.2. Библиогр. 9.

*УДК 621.941*

**Мрочек Ж.А., Адаменко В.М. Концептуальные основы проектирования энергосберегающих технологий //Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 128.**

Рассмотрены вопросы системной подготовки проектирования энергосберегающих технологий, предложена методика и алгоритм принятия технического решения с позиции технологического инжиниринга. – Ил. 2. Библиогр. 11.

*УДК 621.9.048*

**Сиводед А.В., Мрочек Ж.А. Исследование обрабатываемости твердых сплавов электродами-инструментами из инструментальных сталей // Машиностроение. – Мн., 2004 – Вып. 20. – С. 136.**

Проведены исследования электроэрозионной обрабатываемости твердых сплавов ВК8, ВК15 и ВК20 электродами-инструментами, изготовленными из углеродистой инструментальной стали У8А, легированных инструмен-

гальных сталей 9ХС, Х12Ф1 в индустриальном масле И-20А. Установлена возможность применения инструментальных сталей в качестве материалов электродов-инструментов. В результате экспериментальных исследований получены зависимости производительности и относительного износа электродов-инструментов для различных марок сталей от емкости конденсатора и состава твердого сплава. – Ил. 4. Библиогр. 2.

*УДК 621.793+ 667.64*

Синькевич Ю.В., Дроздов П.Г. **Низкотемпературная подготовка поверхности изделий из черных и цветных металлов перед нанесением защитных покрытий** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 141.

Проведены исследования и предложена композиция для низкотемпературной подготовки поверхности деталей из черных и цветных металлов перед нанесением защитных антикоррозионных покрытий. Благодаря своим свойствам, композиция позволяет сокращать технологический цикл подготовки за счет совмещения подготовительных операций, экономить энергетические ресурсы, материалы и снижать себестоимость выпускаемой продукции. – Табл. 1. Библиогр. 2.

*УДК 621.793.7*

Соколов И.О., Спиридонов Н.В., Пилецкая Л.И. **Исследование физико-механических и триботехнических свойств антифрикционных газотермических покрытий на основе бронз и баббитов** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 147.

Рассмотрены прочность сцепления, пористость покрытий в зависимости от параметров напыления (расхода порошка, дистанции напыления) и износ в зависимости от скорости скольжения. Даны рекомендации по выбору покрытий для различных условий работы подшипников. – Ил.3. Библиогр.2.

*УДК 621.793.7*

Спиридонов Н.В. **Триботехнические характеристики Ni-Cr-B-C-плазменных покрытий после различных методов оплавления** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 152.

Исследована износостойкость и представлены триботехнические характеристики плазменных покрытий из порошковых самофлюсующихся сплавов типа ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4, оплавленных лазерным лучом и газовой

горелкой, при трении по стали 45 и чугуноу СЧ-24, подвергнутому лазерной закалке. Даны рекомендации по применению пар трения в зависимости от контактных нагрузок. – Ил.2. Табл.2. Библиогр.3.

УДК 621.7:621.8:621.9

Точило В.С. **Контроль параметров процессов сварки и наплавки с термомеханической обработкой** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 157.

Рассмотрены особенности процессов сварки и нанесения износостойких покрытий наплавкой проволоки с одновременной термомеханической обработкой. Предложены методы оперативного контроля совмещенных процессов. – Ил. 1. Библиогр. 3.

УДК 621.7

Шкинъ А.С., Присевок А.Ф., Шкинъ Н.В. **Термические методы обезвреживания токсичных промышленных отходов** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20 – С. 161.

Обобщены существующие и перспективные способы утилизации и переработки промышленных отходов. Рассмотрены возможности комплексного использования отходов промышленности. – Библиогр. 9.

УДК 621.7

Шкинъ А.С., Присевок А.Ф., Шкинъ Н.В. **Технология и методы очистки химических соединений гальванического производства** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 168.

Рассмотрены вопросы нанесения гальванических покрытий, определены источники загрязнителей гальванического цеха. Обобщены методы очистки химических соединений гальванического производства. – Библиогр. 5.

УДК 621.7

Гедзявичус И, Валюлис А.В. **Исследования процесса электродугового напыления** // Машиностроение, – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 174.

В статье представлены исследования процесса и покрытий, полученных при термическом напылении электродуговым способом (металлизация). При-

ведены результаты зависимости дебета воздуха, скорости частиц, пористости, окисления и адгезии полученных покрытий. –Ил. 2. Табл. 1. –Библиогр. 8.

#### *УДК 658*

Александрова С.А., Александров А.В. **Формирование прибыли машиностроительного предприятия, обеспечивающей его развитие** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 180.

Рассмотрена методика расчета прибыли, обеспечивающей пополнение оборотных средств (безубыточность в условиях инфляции); объемов реализованной продукции – соответствующего безубыточности и позволяющего получить прибыль на развитие машиностроительного производства. – Табл.1. Библиогр.1.

#### *УДК 658.155:621.9.04*

Григорьев С.Н., Кутергина Т.В. **Оценка конкурентоспособности инновационных промышленных технологий (на примере технологий нанесения покрытий на инструмент)** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 184.

Рассмотрены вопросы выбора критериев конкурентоспособности инновационных промышленных технологий, разработаны показатели оценки конкурентоспособности технологии и ее потенциала. Приведен анализ оценки конкурентоспособности современных технологий обработки поверхности изделий.

#### *УДК 658.58*

Гронская Л.С. **К вопросу определения оптимальных сроков службы оборудования предприятий машиностроения** // Машиностроение. – Минск, 2004. – Вып. 20. – С. 189.

Анализ развития отечественной, а также российской промышленности, в том числе и машиностроения, за последние годы показывает устойчивую тенденцию старения основных фондов. Большой износ оборудования компенсируется преимущественно средствами ремонта. Иногда суммарные затраты на ремонт превосходят стоимость этого оборудования. Таким образом, возникает проблема определения срока службы оборудования.

Различают нормативные, фактические и оптимальные сроки службы оборудования. Оптимальный срок службы — это экономическая граница, за которой модернизация и ремонт как методы частичного износа основных фондов по сравнению с заменой устаревшего оборудования, нецелесообразны. Многие ученые рассматривали эту проблему в период между 70-ми и 90-ми годами 20 века. Существует много различных методов определения оптимального срока службы машин. Одни из них базируются на затратном подходе, другие — на доходном. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки.

Таким образом, необходимо разработать метод, который будет учитывать современные условия работы предприятий и поможет устанавливать последовательность замены машин в условиях ограниченных финансовых ресурсов. — Ил. 1. Табл. 1 Библиогр. 5.

*УДК 334.722: 378.1*

**Зновец Н.К. Особенности затратного метода ценообразования и планирования численности работников, занятых оказанием образовательных услуг в государственных вузах // Машиностроение. — Мн., 2004. — Вып. 20. — С. 195.**

Рассматривается проблемы «затратного метода» при ценообразовании на образовательные услуги в государственных вузах, методика определения численности работников государственных вузов, занятых оказанием образовательных услуг. — Библиогр. 4.

*УДК 334.722: 378.1*

**Зновец Н.К., Рыбалко А.Н. Механизм стимулирования оплаты труда преподавателей, занятых оказанием образовательных услуг, как элемент финансового менеджмента в государственных вузах // Машиностроение. — Мн., 2004. — Вып. 20. — С. 200.**

Рассматривается механизм установления надбавок преподавателям государственных вузов за счет доходов этих организаций от оказания платных услуг в зависимости от объемов годовой учебной нагрузки конкретного преподавателя. Применение механизма является рычагом финансового управления и позволяет стимулировать работу преподавателя. — Табл. 1. Библиогр. 5.



УДК 621.002.658.152.011.46(075.8)

Королько А.А. **Особенности развития и макроэкономическая эффективность инвестиций в интеллектуальный капитал** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 207.

Рассматриваются вопросы возрастающей роли человеческого фактора в современной экономике и его влияние на развитие и конкурентоспособность хозяйственных субъектов в условиях рынка. – Библиогр. 1.

УДК 336.77 (476)

Королько А.А., Тарелко С.Г. **Оценка экономической эффективности инвестирования собственных и привлеченных ресурсов** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 211.

Рассмотрены альтернативные способы привлечения ресурсов в виде кредита, аренды и лизинга. – Библиогр. 3.

УДК 338:681.324

Лавренова О.А. **Информационные технологии как фактор стабильного развития экономики** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 216.

Рассмотрены вопросы эффективного использования информационно-коммуникационных технологий, определяющих конкурентоспособность промышленных и общественных предприятий и организаций, экономики, сферы образования, культуры, здравоохранения и т.д.

Отмечено, что для стран с переходной экономикой наблюдается очень тесная взаимосвязь между процессами информатизации, инвестициями, инновациями и конкурентоспособностью. Особенно актуальной для Республики Беларусь проблема эффективного использования ИКТ становится в связи с приближением границ Евросоюза и ожидаемым подъемом инвестиционной активности. Выявлено, что возрастание стратегической роли ИКТ для консалтинговых и маркетинговых исследований в целом способствует повышению конкурентоспособности экономики республики.

Исследованы основные сдерживающие факторы и предложены меры по их устранению. – Библиогр. 6.

УДК 658.7

Лапутько И.О. **Современное восприятие понятийного аппарата логистики** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 219.

Рассмотрены современные подходы к восприятию понятийного аппарата логистики. За время своего развития содержание понятия изменялось неоднократно. Использовавшиеся ранее значения термина «логистика» наложили отпечаток и на его современное понимание. Сегодня существует множество определений логистики, при этом ни в одном словаре не существует точного его толкования. Проблема заключается в нахождении наиболее адекватного определения этой динамично развивающейся области знаний и практики. – Библиогр. 9.

УДК 65.016.8 + 658.155

Матвеева С.Н. **Программа антикризисного управления предприятий: необходимость, концепции, элементы и этапы** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 225.

На основе исследования статистических данных определена необходимость внедрения радикальных мер с целью оздоровления предприятий. Рассмотрены основные элементы и этапы реализации программы антикризисного управления. – Ил. 3. Табл. 1.

УДК 658.589

Плясунков А.В., Плясунков Р.В. **Ценообразование научно-технической продукции в условиях рынка** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 231.

Установление цен на идеи, изобретения, технологии и другую научно-техническую продукцию является одним из наиболее сложных элементов сделки. Ценообразование в этой области осложняется тем, что идеи могут ещё не иметь адекватного материального выражения. Практическое использование их, как правило, требует значительных финансовых вложений. Кроме того, будущая рентабельность неизвестна, да и вообще проблематична. Как ни трудно предсказуема ситуация с использованием идей, рыночная ситуация ещё более непонятна. Спрос на новый продукт может быть загадкой, размеры рынка неизвестны. Тем не менее, несмотря на данные трудности, продавец и покупатель должны достичь соглашения, установив приемлемую для обоих цену.

Наиболее простой путь, который позволяет справиться с эффектом неопределенности, заключается в том, чтобы установить цену в процентах от объема продаж или эффекта использования идей, т.е. определить ставку роялти. Этот метод позволяет продавцу и покупателю нести совместный риск и совместно участвовать в прибылях от реализации проекта.

В статье рассмотрены особенности ценообразования научно-технической продукции в условиях рынка. – Ил. 1. Библиогр. 2.

*УДК 519.865.7*

Похабов В.И., Корбут А.Н. **Логистика в производственной деятельности промышленного предприятия** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 235.

В работе представлена логистическая концепция разработки инновационной промышленной продукции, которая позволяет повысить уровень коммерческой обоснованности бизнес-планов и как следствие увеличить конкурентоспособность выпускаемых изделий. Обоснованы основные положения логистики инноваций, и логистического обеспечения разработки, снабжения, производства и сбыта новой продукции.

*УДК 658.011*

Свирский Д.Н., Яшева Г.А. **Повышение конкурентоспособности производственных систем** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 241.

Рассмотрены сущность, методы оценки и принципы организации компактных производственных систем. Обосновано направление повышения их конкурентоспособности посредством создания кластеров. Предложены механизмы создания конкурентоспособных кластеров на макро- и микроуровнях. – Ил. 3. Библиогр. 9.

*УДК 630 (476)*

Тарелко С.Г. **Состояние и эффективность использования основных производственных фондов по Гомельскому ПЛХО** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 246.

Рассмотрена эффективность использования основных-производственных фондов, наличие и состав активной части основных фондов, их возрастной состав, анализ степени обновления, выбытия и прироста основных фондов по Гомельскому ПЛХО. – Табл. 4.

УДК 33674 (476)

Терешко Е.П., Приходченко О.И. **Выработка управленческих навыков в процессе проведения деловой игры «Рынок»** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 250.

В работе обобщен опыт использования деловой игры «Рынок» и разработаны мероприятия по активизации учебного процесса обучения инженеров-экономистов при изучении курса «Менеджмент» и «Стратегический менеджмент» в дисплейном классе кафедры «Экономика и организация машиностроительного производства». – Ил. 1. Библиогр. 1.

УДК 378. 026. 9

Баранова А.С. **Культурологический подход к процессу подготовки педагогов** //Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 253.

Рассмотрены особенности культурологического подхода к процессу подготовки педагогов с помощью культуровоспитательных технологий. – Библиогр. 3.

УДК 378.026.9

Баранова А.С., Витушко Н.И., Шинкевич А.А. **Формирование интеллектуальной культуры педагога** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 256.

Рассмотрены способы, формы и методы формирования интеллектуальной культуры педагога. – Табл. 2. Библиогр.2

УДК 378.73

Белановская Е.Е. **Роль коллектива студенческой группы в формировании личности специалиста** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 260.

Рассмотрены некоторые проблемы формирования коллектива студенческой группы и психолого-педагогические основы воспитания личности через коллектив. – Библиогр. 2.

УДК 004

Белодед Н.И. **Электронный учебник** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 263.

Анализируется состояние, использование и перспективы развития информационных технологий в учебном процессе и управлении университетом, разработаны рекомендации по их развитию и совершенствованию. – Ил. 1.

*УДК 004*

Белодед Н.И., Склепович В.Э. **Использование современных информационных технологий в профессиональном образовании** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып.20. – С. 268.

Представлено программное обеспечение для создания электронных учебников. Описан принцип работы программы, приведены требования для создания хорошего электронного учебника. – Ил. 1. Библиогр. 3.

*УДК 004*

Белодед Н.И., Шилю И.Н. **Использование компьютерных технологий в учебном процессе БГАТУ** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 273.

Рассматриваются подходы по использованию информационных технологий в образовательном процессе и в организации дистанционного обучения.

*УДК378.026.9*

Витушко Н.И. **О взаимосвязи уровня образования и интеллектуального развития** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 278.

Коэффициент интеллекта окончательно не предопределён от рождения и изменяется в некоторых пределах в зависимости от социальных, культурных условий. Уровень интеллекта существенно зависит от образования человека, которое по-разному влияет на вербальный, невербальный и общий интеллект. Важную роль в структуре интеллекта играет также и профиль учебного заведения. – Ил.1. Библиогр.4.

*УДК 378.1.147*

Гречихин Л.И., Жогаль П.Н., Пилипенко В.И. **Применение ССД-камеры для визуализации информации в учебном процессе** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 282.

Рассмотрены различные условия применения ССД-камеры для отображения информации в статическом и динамическом режимах совместно с де-

монстрационным телевизором, плазменным экраном и ЭВМ. Разработанные различные схемы применения ССД-камеры позволяют отображать информацию без наличия специально оборудованных учебных аудиторий, используя стандартное искусственное или естественное освещение, которое предусмотрено соответствующими нормативными документами. – Ил. 2. Библиогр. 1.

УДК 378.73

Гриневич Е.А. **Сформированность профессиональной самостоятельности куратора студенческой группы** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 288.

Определены показатели сформированности профессиональной самостоятельности куратора студенческой группы технического вуза в процессе обучения на курсах повышения квалификации. Приведены результаты констатирующего эксперимента, оценены творческий, конструктивный и репродуктивный уровни сформированности профессиональной самостоятельности. – Табл. 3. Библиогр. 2.

УДК 159.9

Данильчик О.В. **Развитие творческого мышления у студентов в процессе обучения в вузе** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 292.

Рассмотрены особенности проблемного обучения в вузе. Приведены результаты исследования уровня творческого мышления у студентов БНТУ. – Библиогр. 3.

УДК 621.88.084

Демьянкова Н.В. **Модульно-рейтинговая технология обучения** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 297.

Рассмотрены модульная и рейтинговая технологии обучения. Обосновывается актуальность их внедрения в процесс обучения. – Библиогр. 6.

УДК 316.6 (075.4)

Иващенко С.И., Лобач И.И. **Инженерную психологию в технический вуз** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 302.

Рассмотрено обоснование необходимости изучения студентами технического вуза инженерной психологии для грамотного проектирования и эксплуатации техники с учетом особенностей и возможностей психомоторики человека.

*УДК 621.81:001*

Капуста П.П., Бондаренко А.Г. **Методическое обоснование структуры курса «Основы проектирования машин» для инженерно-экономических специальностей** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20 – С. 305.

В связи с открытием в Белорусском национальном техническом университете и других ВТУЗах Республики Беларусь специальности «Экономика и организация производства (машиностроение)», в базовый и рабочие учебные планы подготовки соответствующих специалистов введен новый учебный курс «Основы проектирования машин». Для его обеспечения разработана методически-обоснованная структура в своем роде новой учебной дисциплины, учитывающей специфику будущей деятельности подготавливаемых специалистов. – Библиогр. 4.

*УДК:37(476):316.334*

Клименко В.А. **Влияние образования на различные стороны жизнедеятельности населения Беларуси** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 313.

В статье анализируется влияние фактора образования (квалификации) на различные аспекты жизнедеятельности человека: получение профессии и высокооплачиваемой должности, наличие интересной работы, возможность самореализации и решения жизненных проблем и др.

*УДК 378.1*

Кочергин А.И. **Пути совершенствования подготовки инженеров-машиностроителей** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 318.

Рассмотрены факторы, оказывающие существенное влияние на содержание подготовки инженеров-машиностроителей. – Библиогр. 2.

*УДК 621.81(076)*

Кузин Н.А. **Новое в решении вопросов, связанных с компоновкой зубчатых и червячных редукторов** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 322.

Приведены сведения о созданном автором комплексе специальных учебных пособий по компоновке зубчатых и червячных редукторов, который не только эффективно способствует интенсификации процесса курсового проектирова-

ния «Деталей машин» при проведении индивидуальных и групповых консультаций со студентами дневной и заочной форм обучения, но и дает возможность студентам без консультаций качественно и за короткий период времени выполнить компоновку редуктора. Даны краткие сведения о новой методике выполнения компоновки редукторов, разработанной автором. – Ил. 10. Библиогр. 3.

*УДК 15(075.8)*

Лозюк Т.М. **Влияние ценностных ориентаций на формирование личности будущего специалиста** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 328.

Рассмотрены ценностные ориентации и их влияние на личность. Определен приоритет плодотворной ценностной ориентации. – Библиогр. 9.

*УДК 159.9*

Поликша Е.В. **Динамика формирования учебной мотивации студентов первого и третьего курса БНТУ** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 333.

В работе рассматривается характеристика мотивации на определенных этапах обучения, а также эволюция мотивации от первого к третьему курсу. – Библиогр. 2.

*УДК 371.13*

Ражнова А.В., Новиков В.И. **Формирование и оценивание педагогических умений в системе подготовки эффективного педагога** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 337.

В статье рассматриваются ценностные характеристики педагогической деятельности, определяются наиболее существенные педагогические умения. Осуществлена попытка сравнительного анализа данных рейтинг-контроля педагогических умений студентов, проходящих педагогическую практику. Рассматриваются категории профессионализма и саморазвития педагога. – Библиогр. 2

*УДК 378.1*

Романюк Г.Э. **Применение инструментальных программных средств в учебном процессе (на примере системы MathCAD)** // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 340.



Рассмотрены возможности компьютерной системы Mathcad применительно к использованию ее в учебном процессе математических и технических специальностей. – Библиогр. 2.

*УДК 159.9*

Сидорович В.Б. **Изучение взаимосвязи когнитивного стиля и социально-перцептивных способностей** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 346.

В работе рассматривается проблема объяснительных механизмов социально-перцептивных способностей, которые обеспечивают адекватное отражение других людей, являются мерой точности межличностного восприятия. Приводятся результаты исследования взаимосвязи когнитивного стиля диапазон эквивалентности с социально-перцептивными способностями личности. – Библиогр. 5.

*УДК 159.9*

Шапошник М.А. **Некоторые подходы к управлению процессом формирования профессиональных знаний, умений и навыков** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 351.

В статье рассмотрены некоторые теоретические положения формирования профессиональных знаний, умений и навыков, как необходимая предпосылка успеха профессиональной деятельности выпускника вуза. – Библиогр. 3.

*УДК 6:378*

Шахрай Л.И., Горбачевич А.Ф., Ясюкевич Л.Н. **Библиотека стандартов станочных приспособлений системы параметрического проектирования T-FLEX.CAD в курсовом проектировании по дисциплине «Технологическая оснастка»** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 356.

Краткое описание системы параметрического проектирования T-FLEX.CAD, ее преимущества по сравнению с другими САПР. Рассмотрены вопросы по внедрению T-FLEX.CAD в учебный процесс подготовки инженеров-педагогов при выполнении курсового проектирования по дисциплине «Технологическая оснастка». Приведен пример работы с БССП. – Ил. 2. Библиогр. 3.

УДК 6:378

Шахрай Л.И., Горбацевич А.Ф., Ясюкевич Л.Н. **Информационные технологии в учебном процессе подготовки инженеров-педагогов** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 360.

Обосновывается необходимость внедрения информационных технологий в учебный процесс подготовки инженеров-педагогов. Предложена схема постепенного внедрения различного рода программных средств при выполнении курсовых проектов и работ. – Ил.1. Табл.1. Библиогр. 2.

УДК 37.015.32

Шершнева Т.В. **Условия систематизации знаний студентов в процессе профессионального образования** // *Машиностроение*. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 366.

Рассмотрены вопросы повышения эффективности усвоения студентами профессиональных знаний. Указаны условия интенсификации процесса формирования системы научных понятий у студентов, развития у них умений и навыков по применению логических операций в учебной деятельности. – Библиогр. 6.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Рецензенты — д.т.н., профессор Филонов И.П.;  
к.т.н., профессор Беляев Г.Я.

|  |    |
|--|----|
| <i>Аверченков В.И., Федоров В.П., Назоркин М. Н., Назоркина В.В.</i><br>Технологическое обеспечение качества эксплуатационных свойств<br>поверхностей деталей машин на базе комплексной компьютеризации<br>процессов обработки и измерения ..... | 3  |
| <i>Афаневич В.В.</i><br>Математическое моделирование процесса инерционно-импульсного<br>раскачивания цилиндрических отверстий .....  | 9  |
| <i>Беляков Н.В.</i><br>Методика проектирования индивидуального маршрута обработки<br>заготовок корпусных деталей внутри этапов типовой схемы обработки ...   | 14 |
| <i>Данилов В.А., Терентьев В.А.</i><br>Общие принципы управления формообразованием<br>при обработке резанием .....   | 21 |
| <i>Кухта С.В., Сурганов И.П., Хейфец М.Л.</i><br>Информационная система метрологического обеспечения качества<br>на предприятии машиностроения .....   | 27 |
| <i>Луговой В.П.</i><br>Формирование поверхностного слоя при шлифовании<br>ювелирных камней .....   | 32 |
| <i>Масилевич А.В., Махаринский Е.И.</i><br>Оценка погрешности определения глубины дефектного<br>подповерхностного слоя шлифованной поверхности<br>при допущении постоянства теплофизических параметров .....                                     | 38 |
| <i>Пашкевич В.М.</i><br>Разделение кинематических погрешностей зубчатых пар .....  | 43 |
| <i>Присевок А.Ф., Веренчук* В.В., Беляев Г.Я.</i><br>Технология формирования резьбовых поверхностей .....  | 49 |
| <i>Сагайда П.И.</i><br>Обоснование модели представления знаний для разработки и<br>исследования экспертной системы асу керамическим производством .....  | 61 |

Сакович Н.А.

|   |    |
|---|----|
| Влияние термомеханической обработки на величину микронапряжений в металлопокрытиях .....  | 65 |
| Филонов И.П., Курч Л.В., Чепик П.П., Даабуб А.М.<br>Расширение технологических возможностей обработки внутренних торцово-цилиндрических поверхностей корпусных деталей на станках с чпу ..... | 68 |
| Щукин В.Я., Исаевич Л.А., Кожневникова Г.В.<br>Теоретические вопросы поперечно-клиновой прокатки .....  | 72 |
| Filonov I.P., Kourtch L.V., Daabub A.M.<br>An expert system for new approaches for development concurrent design for assembly and manufacturing processes .....                               | 77 |
| Filonov I.P., Kourtch L.V., Daabub A.M.<br>Cost reduction through dfa analysis with expert system construction .....  | 81 |
| Li Jian-zhong, Шадуя В.Л.<br>Анализ применения компьютеров при проведении эргономических исследований .....   | 84 |

## **ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

Рецензенты — д.т.н., профессор Мрочек Ж.А.;  
д.т.н., профессор Спиридонов Н.В.

Биленко Э.Г.

|  |     |
|--|-----|
| Упрочнение твердосплавных пластин типа тк посредством ионно-лучевой обработки .....  | 90  |
| Бурносов Н.В., Гурин Д.И.<br>Теоретические и экспериментальные предпосылки упрочнения режущих кромок фрезерных ножей самофлюсующимися материалами для обработки древесных материалов ..... | 94  |
| Гордиенко А.И., Ивашко В.В., Тарарук А.И., Вегера И.И.<br>Поверхностная скоростная электротермообработка рессор с применением ТВЧ .....  | 96  |
| Девойно О.Г., Кардаполова М.А.<br>Формирование микрорельефа в процессах лазерного легирования .....  | 101 |
| Иващенко С.А., Самаль А.М., Голушко В.М.<br>Подготовка поверхности подложки для нанесения вакуумно-плазменных покрытий .....   | 108 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Киселев М.Г., Степаненко Д.А.</i><br>Математическое описание виброударного режима работы акустической системы с промежуточным деформирующим инструментом .....                            | 113 |
| <i>Кожуро Л.М., Мрочек Ж.А., Миранович А.В.</i><br>Исследование износостойкости покрытий, сформированных электромагнитной наплавкой с различными конструкциями магнитных систем .....        | 118 |
| <i>Крайко С.Э.</i><br>Влияние толщины поглощающего покрытия на распределение микротвердости при лазерной термообработке .....  | 124 |
| <i>Мрочек Ж.А., Адаменко В.М.</i><br>Концептуальные основы проектирования энергосберегающих технологий .....   | 128 |
| <i>Сиводед А.В., Мрочек Ж.А.</i><br>Исследование обрабатываемости твердых сплавов электродами-инструментами из инструментальных сталей .....   | 136 |
| <i>Синькевич Ю.В., Дроздов П.Г.</i><br>Низкотемпературная подготовка поверхности изделий из черных и цветных металлов перед нанесением защитных покрытий .....                               | 141 |
| <i>Сокоров И.О., Спиридонов Н.В., Пилецкая Л.И.</i><br>Исследование физико-механических и триботехнических свойств антифрикционных газотермических покрытий на основе бронз и баббитов ..... | 147 |
| <i>Спиридонов Н.В.</i><br>Триботехнические характеристики $ni-cr-b-c$ — плазменных покрытий после различных методов оплавления .....   | 152 |
| <i>Точило В.С.</i><br>Контроль параметров процессов сварки и наплавки с термомеханической обработкой .....   | 157 |
| <i>Шкин А.С., Присевков А.Ф., Шкин Н.В.</i><br>Термические методы обезвреживания токсичных промышленных отходов .....  | 161 |
| <i>Шкин А.С., Присевков А.Ф., Шкин Н.В.</i><br>Технология и методы очистки химических соединений гальванического производства .....  | 168 |
| <i>Gedzevicius I., Valiulis A.V.</i><br>Research of arc spraying process variables .....   | 174 |

# ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Рецензенты — д.э.н., профессор Похабов В.И.;

д.э.н., профессор Сачко Н.С.

*Александрова С.А., Александров А.В.*

Формирование прибыли машиностроительного предприятия,  
обеспечивающей его развитие ..... 180

*Григорьев С.Н., Кутергина Т.В.*

Оценка конкурентоспособности инновационных  
промышленных технологий (на примере технологий  
нанесения покрытий на инструмент) ..... 184

*Гронская Л.С.*

К вопросу определения оптимальных сроков службы  
оборудования предприятий машиностроения ..... 189

*Зновец Н.К.*

Особенности затратного метода ценообразования  
и планирования численности работников, занятых оказанием  
образовательных услуг в государственных вузах ..... 195

*Зновец Н.К., Рыбалко А.Н.*

Механизм стимулирования оплаты труда преподавателей,  
занятых оказанием образовательных услуг, как элемент  
финансового менеджмента в государственных вузах ..... 200

*Королько А.А.*

Особенности развития и макроэкономическая эффективность  
инвестиций в интеллектуальный капитал ..... 207

*Королько А.А., Тарелко С.Г.*

Оценка экономической эффективности инвестирования  
собственных и привлеченных ресурсов ..... 211

*Лавренова О.А.*

Информационные технологии как  
фактор стабильного развития экономики ..... 216

*Лапутько И.О.*

Современное восприятие понятийного аппарата логистики ..... 219

*Матвеева С.Н.*

Программа антикризисного управления предприятий:  
необходимость, концепции, элементы и этапы ..... 225

*Плясунков А.В., Плясунков Р.В.*

Ценообразование научно-технической продукции в условиях рынка ..... 231

|   |     |
|---|-----|
| <i>Похабов В.И., Корбут А.Н.</i><br>Логистика в производственной деятельности<br>промышленного предприятия .....              | 215 |
| <i>Свирский Д.Н., Яшева Г.А.</i><br>Повышение конкурентоспособности производственных систем .....                             | 241 |
| <i>Тарелко С.Г.</i><br>Состояние и эффективность использования<br>основных производственных фондов по гомельскому плхю .....  | 246 |
| <i>Терешко Е.П., Приходченко О.И.</i><br>Выработка управленческих навыков в процессе<br>проведения деловой игры «рынок» ..... | 250 |

## **ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Рецензенты — д.т.н., доцент Иващенко С.А.;**  
**к.п.н., профессор Лобач И.И.**

|  |     |
|--|-----|
| <i>Баранова А.С.</i><br>Культурологический подход к процессу подготовки педагогов .....  | 253 |
| <i>Баранова А.С., Витушко Н.И., Шинкевич А.А.</i><br>Формирование интеллектуальной культуры педагога .....                         | 256 |
| <i>Белановская Е.Е.</i><br>Роль коллектива студенческой группы<br>в формировании личности специалиста .....                        | 260 |
| <i>Белодед Н.И.</i><br>Электронный учебник .....   | 263 |
| <i>Белодед Н.И., Склепович В.Э.</i><br>Использование современных информационных технологий<br>в профессиональном образовании ..... | 268 |
| <i>Белодед Н.И., Шило И.Н.</i><br>Использование компьютерных технологий<br>в учебном процессе БГАТУ .....                          | 273 |
| <i>Витушко Н.И.</i><br>О взаимосвязи уровня образования и интеллектуального развития .....   | 278 |
| <i>Гречихин Л.И., Жогаль П.Н., Пилипенко В.И.</i><br>Применение ссд-камеры для визуализации информации<br>в учебном процессе ..... | 282 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Гриневиц Е.А.</i><br>Сформированность профессиональной<br>самостоятельности куратора студенческой группы .....  | 286 |
| <i>Данильчик О.В.</i><br>Развитие творческого мышления у студентов<br>в процессе обучения в вузе .....   | 292 |
| <i>Демьянкова Н.В.</i><br>Модульно-рейтинговая технология обучения .....   | 297 |
| <i>Иващенко С.А., Лобач И.И.</i><br>Инженерную психологию в технический вуз .....  | 302 |
| <i>Капуста П.П., Бондаренко А.Г.</i><br>Методическое обоснование структуры курса «основы проектирования<br>машин» для инженерно-экономических специальностей ..... | 305 |
| <i>Клименко В.А.</i><br>Влияние образования на различные стороны<br>жизнедеятельности населения беларуси .....   | 313 |
| <i>Кочергин А.И.</i><br>Пути совершенствования подготовки<br>инженеров-машиностроителей .....  | 318 |
| <i>Кузин Н.А.</i><br>Комплекс специальных учебных пособий и новая методика проведения<br>занятий по компоновке зубчатых и червячных редукторов .....               | 322 |
| <i>Лозюк Т.М.</i><br>Влияние ценностных ориентаций на формирование<br>личности будущего специалиста .....  | 328 |
| <i>Поликша Е.В.</i><br>Динамика формирования учебной мотивации студентов<br>первого и третьего курса БНТУ .....  | 333 |
| <i>Ражнова А.В., Новиков В.И.</i><br>Формирование и оценивание педагогических умений<br>в системе подготовки эффективного педагога .....                           | 337 |
| <i>Романюк Г.Э.</i><br>Применение программных средств в учебном процессе<br>(на примере системы mathcad) .....   | 340 |
| <i>Сидорович В.Б.</i><br>Изучение взаимосвязи когнитивного стиля<br>и социально-перцептивных способностей студентов .....  | 346 |



|  |     |
|--|-----|
| <i>Шапошник М.А.</i>   |     |
| Некоторые подходы к управлению процессом формирования профессиональных знаний, умений и навыков .....  | 351 |
| <i>Шахрай Л.И., Горбачевич А.Ф., Ясюкевич Л.Н.</i>   |     |
| Библиотека стандартов станочных приспособлений системы параметрического проектирования t-flex.cad в курсовом проектировании по дисциплине «технологическая оснастка» ..... | 356 |
| <i>Шахрай Л.И., Горбачевич А.Ф., Ясюкевич Л.Н.</i>   |     |
| Информационные технологии в учебном процессе подготовки инженеров-педагогов .....  | 360 |
| <i>Шершинева Т.В.</i>  |     |
| Условия систематизации знаний студентов в процессе профессионального образования .....   | 366 |
| РЕФЕРАТЫ.....  | 370 |

*Научное издание*

## **МАШИНОСТРОЕНИЕ**

**Республиканский межведомственный сборник научных трудов**

Выпуск 20  
В двух томах  
Т. 1

Под редакцией И.П. Филонова

Ответственный за выпуск *И.С. Фролов*  
Технический редактор *О.А. Курятова*

Сдано в набор 10.03.04. Подписано в печать 5.05.04.  
Бумага офсетная. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура Таймс.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 23,1. Уч.-изд. л. 23,4.  
Тираж 100 экз. Заказ 072.

Издательство УП «Технопринт», лицензия № 02330/0056932 от 30.04.04.  
Отпечатано на УП «Технопринт», ЛП № 203 от 26.01.2003.  
220027, Минск, пр-т Ф. Скорины, 65, корп. 14, оф. 317.  
Тел. 231-86-93