

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

*Инженерно-педагогическое  
образование в XXI веке*

**МАТЕРИАЛЫ**

VI Республиканской научно-практической  
конференции молодых ученых и студентов БНТУ

(66-й студенческой научно-технической конференции БНТУ)

22, 23 апреля 2010 года

В 3 частях

Часть 3

Минск  
БНТУ  
2011

УДК 62:378 (063)

ББК 75.58я432

И 62

Редакционная коллегия:

*С.А. Иващенко* (гл. редактор), *А.А. Дробыш* (зам. гл. редактора),  
*И.А. Иванов*, *В.А. Клименко*, *Е.Е. Петюшик*, *И.И. Лобач*,  
*А.А. Соловянчик*, *В.А. Федорцев*

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. *И.А. Иванов*;  
д-р соц. наук, проф. *В.А. Клименко*;  
канд. психол. наук, доц. *И.И. Лобач*;  
канд. пед. наук, доц. *А.А. Соловянчик*;  
канд. техн. наук *А.А. Дробыш*

В сборнике содержатся материалы VI Республиканской научно-практической конференции молодых ученых и студентов БНТУ «Инженерно-педагогическое образование в XXI веке» по направлениям: современные образовательные технологии и методики преподавания в общеобразовательной, средней специальной, средней технической и высшей школе, совершенствование системы инженерно-педагогического образования, психология, новые материалы и перспективные технологии обработки материалов.

Часть 1 и часть 2 вышли в свет в 2010 г. в БНТУ.

ISBN 978-985-525-437-0 (Ч.3)

ISBN 978-985-525-438-7

© БНТУ, 2011

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНОГО И ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Иванов И.А.*

Развитие технологий нанесения защитных покрытий в вакууме тесно связано с расширением технологических возможностей вакуумного оборудования. Среди различных технических характеристик такого оборудования можно выделить основные, определяющие их надежность и производительность реализуемых на их основе технологических процессов: величина давления остаточных газов в рабочем объеме и скорость его достижения, величина рабочего давления (давления технологического газа) и время его поддержания, а также расчетное время неустановившегося режима работы вакуумной системы. Решение задачи обеспечения заданных рабочих параметров вакуумной системы тесно связано с принятием компоновочных решений [1].

Одним из эффективных методов разработки вакуумных систем является метод структурно-параметрического синтеза, суть которого состоит в последовательном выборе количества рабочих участков вакуумной схемы с последующей детализацией каждого из участков.

Цель работы – на основе принципов структурного и параметрического синтеза представить методику расчета вакуумных систем.

Выбор вакуумной схемы связан с характером технологического процесса, реализуемого на проектируемом вакуумном оборудовании. Например вакуумная система существующих электронно-лучевых установок предназначена для поддержания вакуума в рабочем объеме от  $1 \text{ м}^2$  до  $2 \text{ м}^2$ . В ее состав вхо-

дят форвакуумный агрегат, диффузионный паромасляный и турбомолекулярный насосы, система вакуумных клапанов, вентиль для напуска воздуха, вакуумные датчики. При предъявлении особых требований к чистоте вакуума могут использоваться безмасленные средства получения и поддержания вакуума [1].

Структурный синтез вакуумной схемы проводят путем выбора вида, количества и способа соединения участков и элементов вакуумной системы. Определяющим является величина рабочего давления в вакуумной камере, время достижения рабочего давления и поддержания его на заданном уровне [3]. Параметрический анализ вакуумной системы будет включать следующие шаги [3]: определение оптимального коэффициента использования выбранных вакуумных насосов; выбор типоразмера насоса по скорости откачки; выбор типоразмера клапанов, вакуумных ловушек и условных диаметров соединительных трубопроводов.

Проверка правильности выбора вакуумных насосов и определения совместимости их работы проводят на основе анализа графиков зависимости скорости откачки вакуумного насоса от величины рабочего давления, приводимых в справочниках по вакуумной технике.

Конструктивные размеры выбранной арматуры определяются условиями существования установившегося режима течения газа в вакуумных трубопроводах. Основное требование: трубопроводы должны быть как можно более короткими и иметь простую форму поперечного сечения. Сложные элементы, такие как ловушки, клапаны, затворы выбирают по каталогам. В случае отсутствия в каталоге необходимого элемента возникает задача его проектирования. Составляется расчетная эквивалентная схема, при этом сложный элемент разбивается на более простые части, для которых и рассчитываются все размеры и параметры.

Таким образом, обобщая результаты проектирования вакуумных систем на основе структурно-параметрического синтеза (на примере разработки вакуумной системы электронно-лучевой установки) рассмотрена методика их расчета.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Розанов, Л.Н. Автоматизация проектирования в машиностроении / Л.Н. Розанов, Н.В. Никитков, Г.П. Дзельтен, Ю.М. Печатников // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 1996. – № 3. – С. 38–41.

2. Пипко, А.И. Конструирование и расчет вакуумных систем / А.И. Пипко, В.Я. Плисковский, Е.А. Пенчко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1979. – 504 с.

3. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника / Л.Н. Розанов. – М.: Высшая школа, 2007.

УДК 621.1

Басков О.В.

## **ФОРМОВАНИЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Дробыш А.А.*

Благодаря уникальным свойствам, чрезвычайно высокой химической стойкости, термопрочности, термостойкости и удельной прочности углеродные композиционные материалы (УКМ) нашли применение в качестве материалов для изготовления подшипников скольжения, тормозных дисков, нагревателей, тепловых экранов, чехлов для термопар и других деталей высокотемпературной техники. УКМ используются в качестве конструктивных элементов при температуре до 2100 °С и нагревательных элементов при температуре до 2500 °С в вакууме, нейтральной и восстановительной средах, а также до 250 °С в условиях окислительной среды (воздух). При нор-

мальных условиях материал нейтрален к атмосферному воздействию и агрессивному воздействию щелочей и кислот.

В общем виде УКМ состоят из углеродных (графитовых) волокон (УВ) или порошка и матрицы, полученной карбонизацией (графитацией) углеродсодержащего связующего.

Для получения композиционных пористых материалов перспективным представляется графит различных модификаций. В связи с этим следует отметить, что графит в чистом виде обладает крайне низкой формуемостью (рисунок 1) и используется в составе шихты. В состав шихты, кроме порошка графита традиционно включают пеки. Традиционная поставка пека производителем (твердый пек) обуславливает необходимость операции его размол в порошок с размером частиц пропорциональным размеру частиц графита.

Для изучения формуемости шихты исследовали составы согласно таблице 1.

Таблица 1 – Составы шихты

---

№ состава	Массовая доля графита, % (ГОСТ 4404-78 Графит карандашный)	Массовая доля пека, % (нефтяной пек)
1	95	5
2	90	10
3	80	20
4	50	50

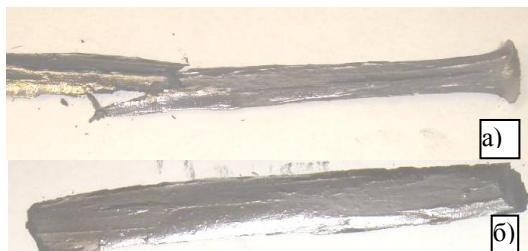


Рисунок 1 – Типичные дефекты прессовок:  
а – состав № 1, 20 МПа  
б – состав № 3, 200 МПа

Указанные составы шихты подвергнули радиальному прессованию при давлениях 20, 40, 60, 70, 100, 200 МПа. Для расширения номенклатуры опытных образцов использовали радиальное прессование (образцы в форме стержня) и радиальное прессование на оправку (образцы в форме труб).

Для всех случаев прессования проводили оценку следующих характеристик: 1. Формуемость. 2. Уровень каркасных характеристик. 3. Плотность прессовок.

Формуемость оценивали визуально, плотность прессовок определяли по ГОСТ 18898.

Уровень каркасных характеристик считали достаточным, если он позволял выполнять последующие операции обработки заготовок.

По результатам исследований установлено, что приемлемый уровень формуемости в совокупности с уровнем каркасных характеристик имеет состав № 4.

Типичные дефекты прессовок составов № 1-3 представлены на рисунке 1. Так же следует отметить, что форму, достаточную для оценки плотности сохранили, лишь прессовки состава № 4 (рисунок 2).

Результаты оценки плотности прессовок представлены на рисунке 3.



Рисунок 2 – Внешний вид исследуемых образцов

Ви-  
образ-  
става №  
ла, что  
шей  
мостью  
образ-  
спрес-  
при  
60 МПа

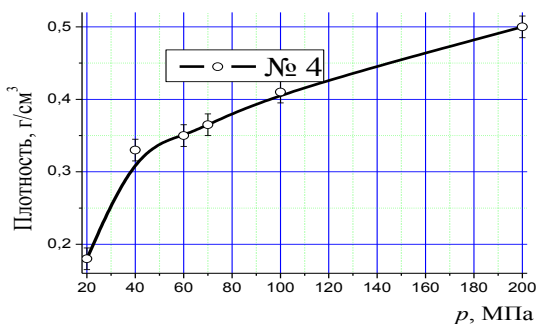


Рисунок 3 – Плотность прессовок

зуальная  
цов со-  
4 показ-  
наилуч-  
формуе-  
обладают  
цы, спрес-  
сованные  
давлении  
(отсут-

ствие трещин, равномерность геометрических параметров).

Аналогичная ситуация зафиксирована для случая получения образцов в форме труб. Однако следует отметить, что у прессовок практически отсутствует эффект упругого последствия, в связи с чем затруднено их снятие с металлической оправки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фиалков, А.С. Углеграфитовые материалы / А.С. Фиалков. – М.: «Энергия», 1978. – 319 с.
2. Углеродные волокна / под ред. С. Симамуры. – М.: Мир, 1987. – 304 с.
3. Сидоренко, Ю.Н. Конструкционные и функциональные волокнистые композиционные материалы: учебное пособие / Ю.Н. Сидоренко. – Томск: Изд.-во ТГУ, 2006. – 107 с.



## **ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ НАКАТЫВАНИЯ РЕЗЬБЫ С ЗАБОРНОЙ ЧАСТЬЮ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Молочко В.И.*

Накатывание является одним из наиболее прогрессивных и экономичных видов обработки резьб, получающим все более широкое распространение в промышленности. Получение резьбы накатыванием осуществляется копированием профиля накатного инструмента путем его вдавливания в металл заготовки. Дальнейшему развитию резьбонакатывания способствуют высокие эксплуатационные свойства и точность накатанных резьб, производительность процесса и стойкость инструментов, широкая номенклатура обрабатываемых резьб и экономия металла.

К настоящему времени разработано большое количество способов накатывания, обеспечивающих получение широкого диапазона резьб.

Наибольшее применение при массовой обработке резьб получило накатывание плоскими плашками, которые применяются в виде комплекта из двух плашек (рисунок 1). Одна из плашек закрепляется на станке неподвижно, а другой сообщается возвратно-поступательное движение. Подвижная плашка 3 захватывает заготовку 2, подаваемую специальным механизмом станка, и прокатывает ее по неподвижной плашке 1.

На рабочей поверхности плашек нанесены (фрезерованием и шлифованием) развернутые витки резьбы с углом наклона к направлению движения, равным углу подъема резьбы детали. Причем профиль витков подвижной и неподвижной плашек смещены друг относительно друга на 0,5 шага.

Рабочая часть плашки состоит из трех участков: заборной части, служащей для постепенного формирования профиля резьбы, калибрующей и сбрасывающей частей. Чаще всего заборная часть создается только на неподвижной плашке. Длина заборной части  $l_3$  зависит от свойств обрабатываемого

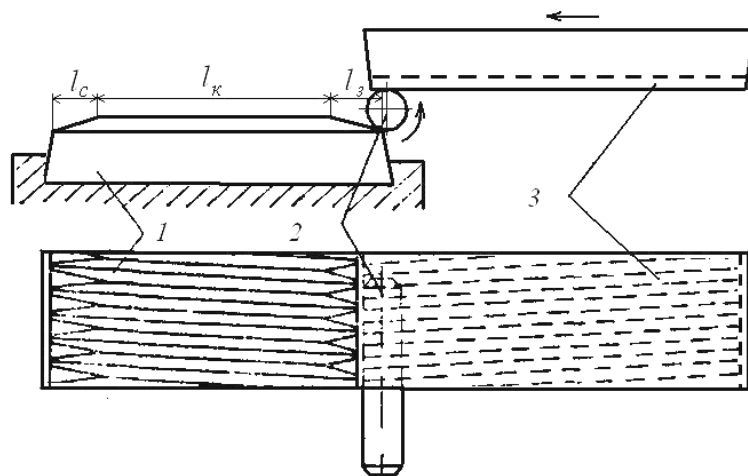


Рисунок 1 – Схема накатывания резьбы плашками

материала и требуемой точности резьбы: для резьбы средней точности  $l_3=(1,0 \div 1,25)\pi d_{cp}$ , для резьб повышенной точности  $l_3=(2,0 \div 4,0)\pi d_{cp}$ . Угол наклона заборной части в пределах  $\varphi=1-3^\circ$ .

Для окончательного обжатия и калибровки резьбы служит калибрующая часть, имеющая полный профиль витков. Длина калибрующей части  $l_k=(2,3 \div 3,0)\pi d_{cp}$ . Длина сбрасывающей части равна длине заборной  $l_c=l_3$ .

Плоскими плашками накатываются резьбы диаметром до 25 мм на винтах и болтах массового производства.

Более высокую производительность обработки обеспечивает метод накатывания резьбы затылованными роликами с заборной частью (рисунок 2, а), выполненную по архимедовой спирали. Их рабочая наружная поверхность представляет со-

бой как бы навернутую на цилиндр рабочую поверхность плоской плашки. По экспериментальным данным угол наклона заборной части рекомендуется принимать равным  $3..10^\circ$ . Формирование резьбы затылованными роликами происходит при вращении роликов с неизменным межцентровым расстоянием. Затылованные ролики могут иметь несколько рабочих участков, благодаря чему за один оборот ролика накатывается несколько заготовок.

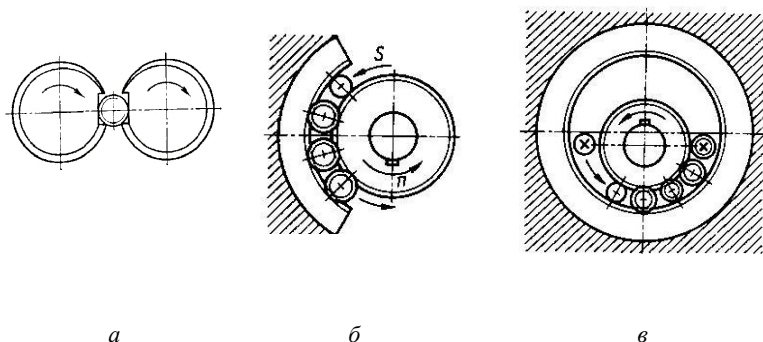


Рисунок 2 – Схемы резьбонакатывания

Особой простотой отличается кинематика накатывания резьб сегментной плашкой и роликом (рисунок 2, б). В этом случае заготовка захватывается вращающимся резьбовым роликом и прокатывается между ним и неподвижно закрепленной сегментной плашкой.

В некоторых случаях в целях повышения производительности и устранения отжата ролика с его противоположных сторон устанавливаются две сегментные плашки и таким путем создаются две рабочие зоны. Этот способ обработки находит применение для деталей с резьбой относительно малого диаметра. Недостаток этого способа заключается в том, что он требует дорогих и сложных в изготовлении сегментных плашек, установка которых и их регулировка занимает значительное время и требует высокой квалификации рабочего.

В некоторой мере этих недостатков лишен процесс накатывания резьб между вращающимся накатным роликом и кольцом, эксцентрично расположенным по отношению к ролику, благодаря чему создается заборная часть (рисунок 2, в). Применение кольца делает крепление инструмента более жестким и упрощает его установку. В процессе работы кольцо можно периодически поворачивать и использовать всю его рабочую поверхность, что значительно удлиняет срок его службы.

Таким образом, заборная часть на резьбонакатном инструменте служит для захвата заготовки в начальный момент резания и постепенного формирования профиля резьбы, в связи с чем отпадает необходимость во введении в станок специального механизма подачи.

Накатники (раскатники) применяются для получения внутренних резьб (рисунок 3). Они представляют собой стержни с нарезанной резьбой, соответствующей профилю накатываемой резьбы, с заборной и калибрующей частями и хвостовиком. Основную работу при формировании резьбы выполняет заборная часть. Угол  $\varphi$  заборного конуса выбирается в зависимости от характера обрабатываемого отверстия: при обработке сквозных отверстий принимается в пределах  $1..3^\circ$ , при обработке глухих отверстий –  $10..15^\circ$ . Калибрующая часть накатника предназначена для калибрования резьбы. Она имеет цилиндрическую резьбу длиной (5...10) шага.

В целях уменьшения трения и создания соответствующих условий формообразования профиль накатников в поперечном сечении, перпендикулярном оси, выполняется трехгранным, четырехгранным, криволинейным с соответствующей величиной огранки  $k$ . Величина огранки  $k$  поперечного сечения накатника колеблется в пределах 1...6% от диаметра резьбы. Рассматриваемая форма поперечного сечения с огранкой уменьшит площадь контакта инструмента с заготовкой и соответственно снизит усилия при обработке, а также облегчит попадание смазки в рабочую зону.

Наибольшее применение накатники нашли в приборостроении при накатке резьбы в пластичных материалах, в листо-

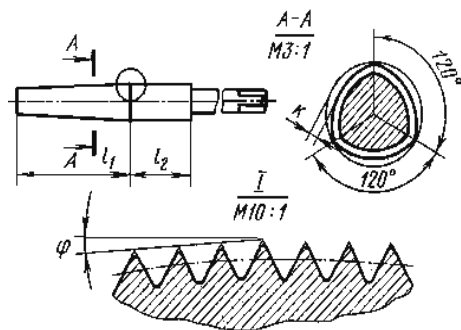


Рисунок 3 – Накатник

вых заготовках из цветных металлов с длиной резьбы меньше диаметра, а также при накатке резьбы в глухих отверстиях в вязких и мягких сталях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Козин, Б.Г. Резьбообработка. Справочник / Б.Г. Козин, В.Б.Третьяков. – М.: МАШГИЗ, 1963. – 102 с.
2. Родин, П.Р. Металлорежущие инструменты / П.Р. Родин. – М.: Высшая школа, 1974. – 400 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ЭЖЕКТОРНОГО НАСОСА

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В.В.*

Несмотря на внешнюю простоту устройства пароструйного эжектора (рисунок 1), происходящие в нем термо- и газодинамические процессы сложны и до сих пор не выяснены полностью. Изучению особенностей этих процессов посвящено большое количество экспериментальных и теоретических работ. Основная задача исследований – создание метода расчета и конструирования пароструйных эжекторов.

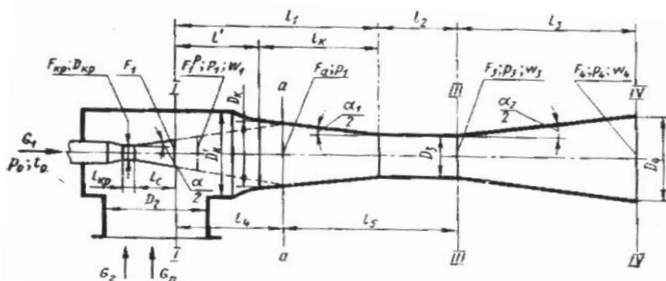


Рисунок 1 – Схема к расчету эжектора

В данной научно-исследовательской работе будет проведена оценка методов расчёта для определения оптимального значения основного геометрического параметра пароструйного эжекторного насоса с целью определения простого и наименее громоздкого метода из представленных.

В основе теоретического метода расчёта лежит рассмотрение эжектирующего и эжектируемого потоков на входе в камеру смешения, как двух отдельных потоков.

Определение параметров эжектора производится при этом с помощью основных уравнений газовой динамики, записанной для начального и конечного сечений камеры смешений. Учитывая сложность газодинамических процессов в сверхзвуковом эжекторе в эмпирической методике расчёта не выводятся громоздкие расчётные уравнения, а основан на результатах исследования большого количества пароструйных эжекторов, наиболее полно разработано Вигандом.

Основной геометрический параметр  $m$  определяют в следующем порядке. Задаются несколькими значениями коэффициента эжекции  $q_r$ , для которых по формулам:

$$k_3 = \frac{q_2 k_r}{1 + q_2 + q_n}, \quad (1)$$

$$p_3 = \frac{p^4}{1 + \frac{\varphi k_3 M_3^2}{2}}, \quad (2)$$

$$p_{3-n} = \frac{p_3}{1 + \frac{q_2 R_2}{(1 + q_n) R_n}}, \quad (3)$$

определяют соответственно показатель адиабаты  $k_3$ , давление смеси  $p_3$  в конце цилиндрического участка диффузора и парциальное давление пара  $p_{3-n}$  в этом сечении. Параметры состояния смеси в сечении ///—/// рассчитывают по уравнению

$$i_0 + q_n i_n + q_2 c_{n2} t_3 = q_2 c_{n2} t_3 + (1 + q_n) i_3 + (1 + q_n + q_2) \frac{A w_3^2}{2g}, \quad (4)$$

находя по термодинамическим таблицам свойств водяного пара такие значения  $i_3$  и  $t_3$  при давлении  $p_{3-n}$  при постановке которых, уравнение превращается в тождество. По известным параметрам состояния смеси, используя выражения

$$R_{c.m.} = \frac{(G_1 R_n + G_n R_n + G_n R_2 - R_n(1 + q_n) + R_2 q_2)}{G_1 + G_n + G_2} = \frac{R_n(1 + q_n) + R_2 q_2}{v_1 w_3}, \quad (5)$$

$$a_3 = \sqrt{k_3 g R_{c.m.} T_3}, \quad (6)$$

$$\omega_3 = M_3 a_3, \quad (7)$$

$$v_3 = \frac{R_{cm} T_3}{p_3}, \quad (8)$$

определяют соответственно газовую постоянную  $R_{cm}$ , местную скорость звука  $a_3$ , скорость смеси  $\omega_3$  и удельный объем  $v_3$ . Зная параметры состояния пара и смеси в сечениях /—/ и ///—/// для принятых коэффициентов эжекции, из уравнения

$$m = \frac{(G_1 + G_n + G_2) \gamma_1 w_1}{G_1 \gamma_3 w_3} = (1 + q_n + q_2) \frac{v_3 w_1}{v_1 w_3}, \quad (9)$$

находят величину  $m$ .

По формуле

$$p_3 = p_1 + \frac{2H_1[\delta_3 - (1 + q_n + q_2) \frac{w_3}{w_1}]}{m}, \quad (10)$$

определяют несколько значений давления  $p_3$ , которое отличается от давления смеси в конце цилиндрического участка, определенного по уравнению

$$p_3 = \frac{p_4}{1 + \frac{\varphi k_3 M_3^2}{2}}. \quad (11)$$

Такое расхождение объясняется тем, задаются произвольными значениями коэффициентов эжекции  $q_r$ .

Для определения коэффициента эжекции, удовлетворяющего всем расчетным уравнениям, строят зависимость давления  $p_3$  от коэффициента эжекции  $q_r$ ; на полученной кривой находят точку, ордината которой равна давлению  $p_3$ , полученному из уравнения (11). Абсцисса этой точки дает искомый коэффициент эжекции, для которого и определяют окончательно основной геометрический параметр в описанном порядке. Как правило, создание эмпирической методики рас-



чёта основано на стремлении использовать в инженерных расчётах опытных данных. Такие методики, конечно, не могут быть универсальными. Они основаны на подобию эжекторов определённой конструкции, работающих при определённых режимах и с определёнными рабочими средами, и поэтому применимы лишь для расчёта именно такого рода эжекторов.

Опытных методик расчёта, главным образом, пароструйных эжекторов, существует достаточно много, однако наиболее проверенной и получившей наибольшее распространение является методика Виганда. Он установил, что расход пара в эжекторе зависит от трех величин:  $p_0$ ,  $p_1$  и  $p_4$ . Для практических целей удобнее выражать расход пара в зависимости от соотношений между этими величинами, а именно, от степени расширения  $E = p_0 / p_1$  пара в сопле и степени сжатия  $\epsilon = p_1 / p_4$  парогазовой смеси в эжекторе. Следовательно, коэффициент эжекции, равный отношению расхода эжектируемой парогазовой смеси к расходу рабочего пара,

$$g_s = f(E, \epsilon). \quad (12)$$

Из этого выражения следует, что геометрически подобные эжекторы при одинаковых рабочих условиях имеют одинаковые рабочие характеристики. Проанализировав методы расчёта основного геометрического параметра пароструйного эжекторного насоса, стало очевидным, что, так как эмпирическая методика расчёта основана на результатах обобщения опыта конструирования и исследования эжекторов, то очевидно, что достоинством данного метода является простота расчёта и надёжность, а недостатком – ограниченность их применения в диапазонах, не исследованных конструкций и режимов эжекторов.

С учётом вышеизложенных замечаний наиболее целесообразным является совместное использование при инженерных расчётах эжекторных насосов, как теоретических, так и эмпирических методик. Но в учебных целях, из-за существования

сложности нахождения ряда эмпирических коэффициентов при определении основных размеров эжектора для заданных параметров в рабочей точке наиболее удобно использовать простую эмпирическую методику. Построение же характеристик насоса, анализ изменения его параметров, в зависимости от различных факторов, могут быть произведены с помощью необходимых теоретических соотношений.

УДК 621.52

Вишневский В.Ч.

## **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Иванов И.А.*

При реализации технологических процессов в вакуумных камерах, у которых много больше двух других размеров, а газовыделение стенок и поток газов на удаленном от насоса участке рабочей камеры достаточно велики, может возникать значительная разница давлений на участках рабочей камеры. Эта проблема особенно характерна для оборудования нанесения тонкопленочных покрытий в вакууме на поверхности больших площадей реактивным методом. К таким покрытиям относятся износ- и коррозионно-стойкие покрытия на листовых заготовках из сталей, антибликовые покрытия на экранах электронно-лучевых трубок (ЭЛТ), энергосберегающие низкоэмиссионные покрытия на архитектурных стеклах и др.

Известные методы расчета вакуумных и газовых систем не позволяют решить вопросы анализа параметров трехмерных вакуумных камер со сложной геометрией, к которым можно отнести и технологическое оборудование для нанесения многослойных покрытий на большую площадь поверхности.

Для этих целей используют метод статистических испытаний Монте-Карло. Он позволяет провести такой анализ, и оценить,

распределение молекулярных концентраций в объеме вакуумной Камеры. Движение молекул подчинено законам статистической физики может быть описано величинами, носящими случайный характер. К таким величинам относятся:

- абсолютное значение и направление вектора скорости отдельно взятой молекулы;
- возможность ее поглощения или отражения стенкой вакуумной камеры при соударении;
- направление движения молекулы после отражения.

Цель: провести применимости метода Монте-Карло для расчета вакуумных объёмов со значительными различиями в линейных размерах.

В качестве расчетной была выбрана вакуумная камера в виде параллелепипеда длиной  $l=1000$  мм и сечением  $100 \times 100$  мм. Откачной патрубком расположен на краю нижней стенки камеры у одного из торцов, а натекаТЕЛЬ для напуска газа размещен на противоположном торце камеры.

Очевидно, что при таком расположении патрубков откачки и напуска имеет место градиент давлений по длине камеры. Рассчитаем изменение давления для выбранной конфигурации при молекулярном режиме течения газа.

Рассчитаем изменение давления для выбранной конфигурации при молекулярном режиме течения газа.

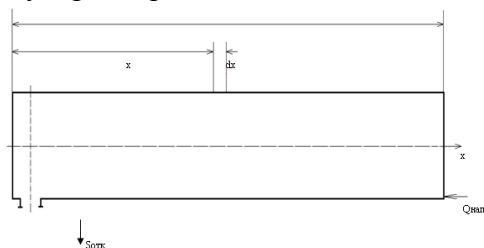


Рисунок 1 – Схема вакуумной камеры, используемой для проверочного расчета

Для воздуха при температуре 293 К проводимость трубопровода с квадратным поперечным сечением равна

$$U_m = \frac{(1,71 \times 10^2) a^3}{l}, \quad (1)$$

где  $a$  – размер сечения трубопровода;  $l$  – длина трубопровода.

Формула применима при  $l \gg a$ .

Представив уравнение (1) в виде

$$U_m = \frac{a}{l},$$

можно записать, что падение давления на участке трубопровода длиной  $dx$  будет равно:

$$\Delta p = (q_1 \rho c (l - x) \Pi / (a/dx)),$$

Подставив в уравнение значения габаритов сечения трубопровода, получим значение коэффициента  $\alpha = 1,71 \cdot 10^{-1}$ .

Подставив все числовые значения, получим окончательную формулу зависимости распределения давления по оси  $x$  камеры

$$p_x - p_0 = \frac{6,8 \cdot 10^2 \left( 1000x - \frac{x^2}{2} \right) + 10^{-2} x}{1,71 \cdot 10^{-1}}.$$

По длине трубы наблюдается параболический закон изменения давления. Для проверки работы программы расчета распределения давления, в соответствии с выбранным методом моделирования, была составлена модель вакуумной камеры, геометрически аналогичная модели, использованной в аналитическом расчете.

Для разбиения камеры на элементарные поверхности был выбран шаг в 100 мм. Такое разбиение удобно контролировать и сравнивать с аналитическим расчетом. Геометрическая модель была обработана с помощью расчетной программы. В качестве тестовых было запущено 10000 молекул. Расчет зависимости молекулярной концентрации в точке с координатами  $x, y, z$  проводился по формуле

$$n(x, y, z) = \frac{Q(t)\Delta t}{\Delta V},$$

где  $Q(t)$  – общее число молекул, поступающих в камеру за  $t = 1$  с;  $n$  – общее число молекул;  $\Delta t_i$  – продолжительность пребывания  $i$ -й молекулы.

Результаты аналитического и машинного расчетов представлены в виде графиков распределения давления на одной координатной сетке. Разность результатов расчета составила не более 10 %, что позволяет говорить об адекватности выбранной методики расчета и ее компьютерной реализации.

Выводы: Среди других методов метод Монте-Карло выделяется своей наглядностью, простотой и общностью. Его можно рассматривать как универсальный метод вакуумно-технических расчетов. Прослеживая траектории достаточно большого числа молекул, можно получить наглядную картину течения газа и вычислить средние локальные параметры газа, а также интегральные характеристики элементов вакуумной системы и системы в целом. Теоретически возможности метода ограничены только быстродействием и объемом памяти вычислительной машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пипко, А.И. Конструирование и расчет вакуумных систем / А.И. Пипко, В.Я. Плисковский, Е.А. Пенчко. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1979. – 504 с.
2. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника / Л.Н. Розанов. – 3-е изд. перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2007. – 75 с.
3. Саксаганский, Г.Л. Молекулярные потоки в сложных вакуумных структурах / Г.Л. Саксаганский. – М.: Атомиздат, 1980. – 216 с.

## **РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Орлова Е.П.*

Термин неразрушающие методы относится к таким испытаниям и измерениям, которые не приводят к каким-либо повреждениям или изменениям свойств изделия. Очень часто для того, чтобы выполнить какие-либо измерения или определить свойства материала, оказывается необходимым разрушить его целостность.

Методы неразрушающего контроля позволяют обнаружить дефекты, посторонние включения и неоднородности без разрушения изделия. К числу неразрушающих методов испытаний относятся не только такие простые приемы, как визуальный осмотр, взвешивание, измерения твердости, но и сложные электрические и ультразвуковые (резонансные) испытания.

Ультразвуковые методы основаны на регистрации колебаний, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте. Их применяют для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов в деталях и изделиях, изготовленных из различных материалов. В настоящее время разработаны и успешно применяются теневой, резонансный, эхоимпульсный, эмиссионный, велосимметрический импедансный и метод свободных колебаний.

Резонансный метод применяется для измерения толщины покрытий порядка нескольких нанометров. Резонансный метод позволяет отслеживать:

- текущую толщину плёнки;
- скорость напыления;

- абсолютную частоту датчика;
- послышное изменение частоты;
- время напыления слоя;
- позволяет многократно работать с образцом, не повреждая его.

Для измерения толщины покрытия используется кварцевый датчик и измеритель толщины пленок, наносимых в вакууме, который использует эффект измерения резонансной частоты кварцевого кристалла при изменении его массы в ходе напыления материала на поверхность кристалла.

При напылении покрытия на кварц за счет изменения массы меняется его резонансная частота. В зависимости от изменения резонансной частоты определяется толщина покрытия на образцах. Температура кварцевого датчика не должна превышать  $150^{\circ}\text{C}$ , иначе падает стабильность измерения частоты кварцевым датчиком. Чтобы избежать этого, датчик дополнительно охлаждают.

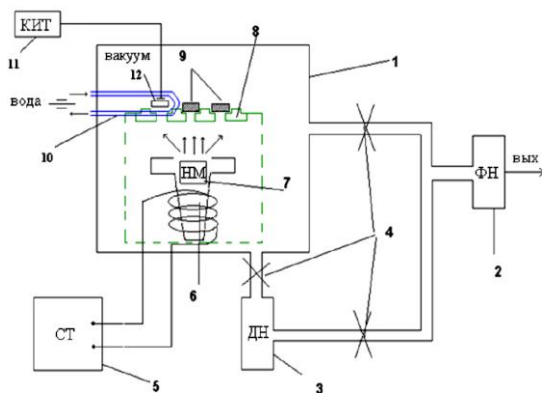


Рисунок 1 – Схема измерения толщины покрытия в вакуумной камере:  
 1 – вакуумная камера; 2 – форвакуумный насос;  
 3 – диффузионный насос; 4 – вакуумные затворы; 5 – силовой трансформатор;  
 6 – нагревательный элемент; 7 – тигель с напыляемым покрытием;  
 8 – подложка для образцов;  
 9 – образцы; 10 – водяное охлаждение камеры и кварцевого резонатора;  
 11 – контроль толщины напыляемого изотопа;  
 12 – кварц.

К достоинствам резонансного метода относятся: сравнительно большая скорость контроля, высокая надежность (достоверность) контроля, возможность применения в контроле изделий сложной формы.

УДК 621.762.4

Груша Ю.Г.

## **УГЛОВЫЕ И ЛИНЕЙНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОСТРОКОНЕЧНЫХ ЗУБЬЕВ ФРЕЗ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Молочко В.И.*

Фрезы с остроконечными зубьями, то есть с зубьями, у которых задняя поверхность в плоскости перпендикулярной к оси имеет ломаную линию, являются наиболее распространенным видом фрез. Наиболее простым является трапецидальный зуб.



Прочность зуба и пространство для размещения стружки, наряду с другими параметрами, характеризуются углами  $\eta$  и  $\Theta$ , которые связаны между собой. Рассмотрим треугольник ABC. Угол AСК, как внешний, равен сумме углов BAC и ABC, т.е.  $\text{AСК} = \eta + \varepsilon$ . Угол BCD есть  $\Theta$  и он равен углу AСК, следовательно  $\Theta = \eta + \varepsilon$ , где  $\varepsilon = \frac{360}{z}$  – угловой шаг,  $z$  – число зубьев фрезы.

Если зуб будет снабжен передним углом  $\gamma$ , то соотношение все равно не изменится. В этом можно убедиться. Рассмотрим треугольник ABC и DCE. Угол DCE, как внешний, равен

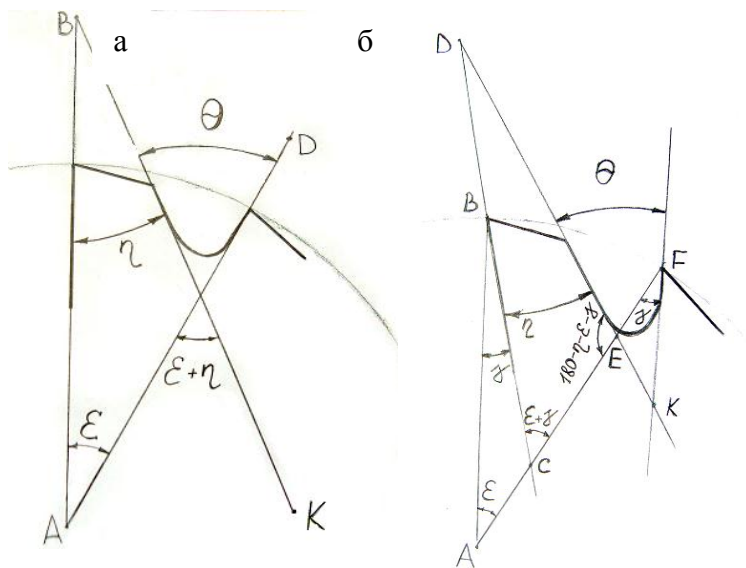


Рисунок 1 – Трапецидальный зуб:  
а – без угла  $\gamma$ ; б – с углом  $\gamma$

сумме углов  $\gamma$  и  $\varepsilon$ . Угол DEC равен углу FEK и равен  $\eta + \varepsilon + \gamma$ , но в то же время, с другой стороны он равен  $180 - \eta - \varepsilon - \gamma$ . FKE – это угол  $\Theta$ . Зная, что сумма углов равна  $180^\circ$  можно найти угол  $\Theta$  из треугольника FKE

$$\Theta = 180 - 180 + \eta + \varepsilon + \gamma - \gamma = \eta + \varepsilon.$$

Таким образом, угол  $\gamma$  не влияет на соотношение углов  $\Theta$ ,  $\eta$  и  $\varepsilon$ .

Формула для определения угла  $\Theta$  справедлива лишь тогда, когда режущие зубья параллельны оси фрезы. Для фрез с винтовыми зубьями угол  $\eta$  должен быть рассмотрен в плоскости  $MN$ , перпендикулярной к винтовым зубьям.

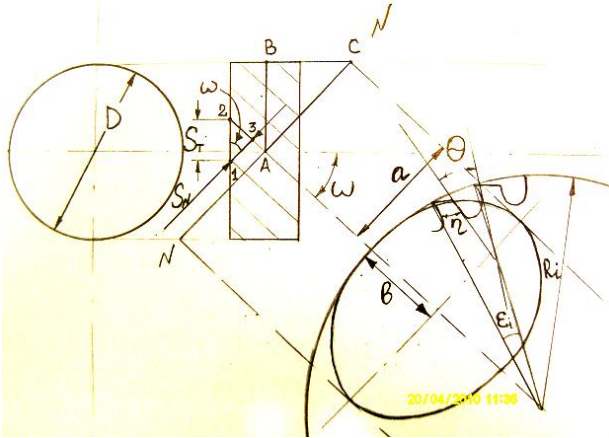


Рисунок 2 – Фреза с винтовыми зубьями

В этом случае  $\eta = \Theta - \varepsilon_i$ , где  $\varepsilon_i$  – угловой шаг, который равен шагу зубьев при приведенном их количестве.

Выведем формулу для определения идеального числа зубьев. Если функции  $y = f(x)$  задана в параметрическом виде, то есть в виде  $x = f_1(t)$ ;  $y = f_2(t)$ , то радиус кривизны может быть определен по формуле

$$R_i = \frac{(x'^2 + y'^2)^{3/2}}{|x'y'' - y'x''|} \quad (1)$$

Подставляя значения  $x'$ ,  $y'$ ,  $x''$ ,  $y''$  в формулу (1), и учитывая, что

$\cos t = \frac{x}{a}$ ,  $\sin t = \frac{y}{b}$  получим:

$$\begin{aligned}
 R_i &= \frac{(x'^2 + y'^2)^{3/2}}{|x'y'' - y'x''|} = \frac{(a^2 \sin^2 t + b^2 \cos^2 t)^{3/2}}{(-a \sin t \cdot (-b \sin t)) - (b \cos t \cdot (-a \cos t))} = \\
 &= \frac{(a^2 \sin^2 t + b^2 \cos^2 t)^{3/2}}{ab \cdot \sin^2 t + ab \cdot \cos^2 t} = \frac{(a^2 \sin^2 t + b^2 \cos^2 t)^{3/2}}{ab} = \frac{\left(\frac{a^2 y^2}{b^2} + \frac{b^2 x^2}{a^2}\right)^{3/2}}{ab} \\
 &= \frac{(a^4 y^2 + b^4 x^2)^{3/2}}{a^4 b^4}
 \end{aligned}$$

Найдем радиус кривизны для точки с координатами  $(0; b)$ :

$$\frac{(a^4 b^2)^{3/2}}{a^4 b^4} = \frac{a^2}{b}$$

Из треугольника ABC видно, что  $b = R$ , где  $R$  – радиус фрезы,  $a = \frac{b}{\cos \omega} = \frac{R}{\cos \omega}$ , следовательно  $R_i = \frac{R^2}{\cos^2 \omega \cdot R} = \frac{R}{\cos^2 \omega}$ .

Рассмотрим  $\Delta 123$ . Из  $\Delta 123$  следует, что  $S_N = S_T \cos \omega$ . Здесь  $S_T$  и  $S_N$  – соответственно торцевой и нормальный шаг. Торцевой шаг можно найти, разделив длину окружности на число зубьев:  $S_T = \frac{2\pi R}{Z}$ . Для идеальной окружности число зубьев равно:

$$Z_i = \frac{2\pi R_i}{S_N} = \frac{2\pi R}{S_T \cdot \cos^3 \omega} = \frac{2\pi R Z}{2\pi R \cos^3 \omega} = \frac{Z}{\cos^3 \omega}$$

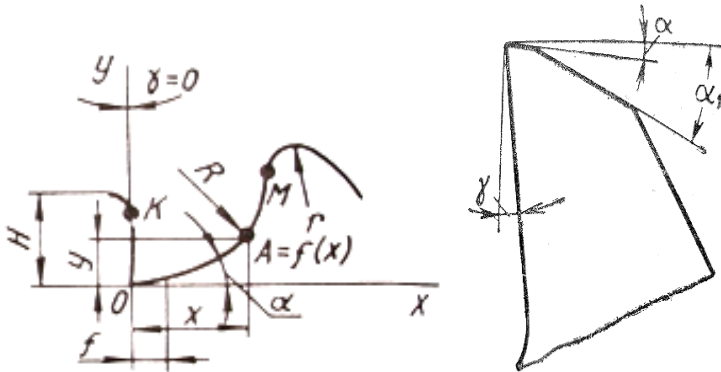


Рисунок 3 – Параболический и усиленный зубья

Особенностью параболического зуба является равнопрочность всех сечений, что достигается в том случае, когда напряжения в каждом сечении будут равны. Из курса сопротивления материалов известно, что напряжение в сечении балки равно  $\sigma_u = \frac{M_{изз}}{W}$ .

Рассмотрим положение в балки в защемлении и в произвольной точке А с координатами (x; y). Напряжение в положении защемления равно  $\sigma = \frac{6 \cdot Pl}{ab^2}$ , а в произвольной точке А

$\sigma_A = \frac{6 \cdot Py}{ax^2}$ . Приравняв эти два выражения получим:

$$\sigma = \frac{6 \cdot Pl}{ab^2} = \frac{6 \cdot Py}{ax^2}$$

$$y = x^2 \frac{l}{b^2}$$

Значения  $l$  и  $b$  постоянны, следовательно для того чтобы напряжения во всех сечениях зуба были одинаковы, необходимо чтобы задняя поверхность зуба имела параболическую форму.

Хотя параболическая форма зуба является рациональной, однако она сложна в изготовлении. Поэтому на практике чаще

всего при тяжелых работах применяют фрезы с усиленным зубом (упрощенный вид параболического зуба). Задняя затылочная часть у этих зубьев образована двумя плоскостями, которые получают путем фрезерования двумя угловыми фрезами. В результате этого зуб по вершине оформляется под двумя углами:  $\alpha$  – задний угол,  $\alpha_1$  – угол среза спинки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Семенченко, И.И. Проектирование металлорежущих инструментов / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. – М, 1962. – 950 с.
2. Ящерицын, П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Н.И. Жигалко. – Минск: Высшая школа, 1981. – 560 с.

УДК 621.5.041

Гурский Е.В.

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКИ «УВНИПА-1-001» ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ АЛМАЗОПОДОБНОГО УГЛЕРОДНОГО ПОКРЫТИЯ НА ЛИТЕЙНЫЕ ФОРМЫ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Шахрай Л.И.*

Литейные формы предназначены для изготовления изделий из пластмасс под давлением. Эксплуатационные характеристики форм определяются не только свойствами материала, из которого они изготовлены, но и свойствами поверхности, поскольку все процессы разрушения и износа начинаются с поверхности. Вследствие этого к рабочим поверхностям литейных форм предъявляют ряд требований: высокая твердость и износостойкость, низкий коэффициент трения, высокая ад-

гезия к подложке, химическая инертность к расплавленным химически активным пластмассам.

Все требования можно решить с помощью нанесения АПУ покрытия в вакуумной установке «УВНИПА-1-001». Однако формы имеют большие габариты до 400мм и сложные геометрические рабочие поверхности, что может привести к неравномерности покрытия и, вследствие, к браку. В связи с этим необходима модернизация вакуумной установки.

Так, при работе ионно-лучевого источника «Радикал» ионный пучок в поперечном сечении не является сплошным, а имеет форму тора. Это не позволяет с максимальной эффективностью проводить обработку поверхностей перед нанесением покрытий. Для устранения данного недостатка и обеспечения лучшей адгезии покрытий, осаждаемых на рабочие поверхности литейных форм, предлагается проводить ионно-лучевую очистку с помощью не одного, а нескольких источников типа «Радикал», расположенных в вакуумной камере таким образом, чтобы потоки высокоэнергетических ионов от разных источников перекрывали друг друга. Такая схема расположения источников позволит проводить эффективную очистку деталей с большими габаритными размерами и более сложной формой поверхности.

Так как рабочие поверхности литейных форм характеризуются высокой гладкостью, то при попадании макрокапель титана при формировании переходного адгезионного слоя является очень нежелательным процессом, поскольку может приводить к ухудшению качества рабочих поверхностей. Кроме того, увеличивается вероятность отслаивания защитного износостойкого углеродного покрытия от подложки в областях макрокапель. По этой причине для уменьшения или устранения капельной фазы предлагается установить источник стационарной металлической плазмы в режим сепарации плазменного потока. При этом не должно быть прямой видимости в области «источник-подложка», а управление потоком плазмы должно осуществляться с помощью электромагнитных полей.

При работе в таком режиме значительная часть плазменного потока не будет попадать в область напыления, что приведет к снижению скорости осаждения адгезионного подслоя. Для устранения данного недостатка необходимо оборудовать вакуумную камеру вторым стационарным источником, также работающим в режиме электромагнитной сепарации потока плазмы.

Углеродные защитные покрытия получают из импульсных потоков плазмы катодно-дугового разряда в вакууме. Метод основывается на создании импульсного катодно-дугового разряда в вакууме в источнике плазмы с катодом из графита, формировании направленного к подложке потока плазмы и конденсации ее на подложке. Ему присущ недостаток – область равномерно наносимого покрытия ограничена 8..10 см. Это может отрицательно сказаться на качестве покрытия при работе с крупногабаритными деталями. Для устранения данного недостатка необходимо:

- увеличить расстояние между генератором и напыляемой деталью;
- использовать несколько генераторов плазмы, установленных под разными углами относительно плоскости вращения напыляемой детали;
- подать в вакуумную камеру инертный газ (аргон) до давления  $\sim 10^{-2}$  Па. Это позволит увеличить степень рассеяния потока углеродной плазмы без существенного изменения ее энергетических характеристик.

На основании вышеизложенного модернизация вакуумной установки УВНИПА 1-001 реализована за счет присоединения дополнительного вакуумного блока. Новый вакуумный блок включает большую вакуумную камеру (рисунок 1, б), что позволяет увеличить расстояние между генератором углеродной плазмы и деталью с 100 мм до 200 мм. В вакуумной камере в свою очередь находится два источника «Радикал», установлен генератор стационарной металлической плазмы в режиме се-

парации плазменного потока и дополнительный источник углеродной плазмы.

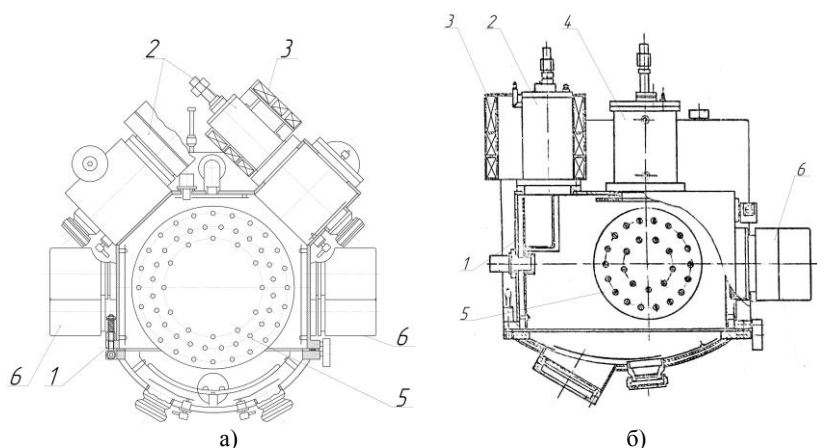


Рисунок 1 – Внутрикамерное устройство:

- а – до замены вакуумного блока; б – после замены вакуумного блока;  
1 – камера рабочая; 2 – электродуговой испаритель; 3 – отклоняющие катушки;  
4 – импульсный генератор; 5 – ввод вращения; 6 – источник ионного травления;

Таким образом, конструктивные изменения позволят расширить номенклатуру упрочняемых литейных форм и увеличить скорость осаждения покрытий за счет большего объема вакуумной камеры и увеличения количества импульсных источников углеродной плазмы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации «Установка нанесения упрочняющих покрытий УВНИПА–001».
2. Осадин, Б.А. Нанесение тонких пленок с помощью импульсных генераторов плазмы / Б.А. Осадин, Б.И. Шаповалов // ФХОМ. – 1976. – 52 с.
3. Бенуа, Э.Ф. Углеродные алмазоподобные покрытия / Э.Ф. Бенуа [и др.] // Электронная промышленность. – 1983. – 51 с.



4. Кудинов, В.В. Нанесение покрытий напылением: Теория, технология и оборудование / В.В. Кудинов, Г.В. Бобров.– М.: Машиностроение, 1992. – 96 с.

5. Мрочек, Ж.А. Плазменно-вакуумные покрытия / Ж.А. Мрочек [и др.]– М.: Технопринт. 2004. – 368 с.

УДК 621.528.1

Гутько Н.Ю.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Иванов И.А.*

Откачивание газа из вакуумной камеры требует соединения камеры с вакуумным насосом. Соединение осуществляется через вакуумный трубопровод конечной длины и диаметра. Эти параметры должны быть согласованы с требуемой скоростью откачки газа из вакуумной камеры и производительностью насоса [1].

Цель данной работы – это разработка методики расчета длины, диаметра и толщины стенок вакуумных трубопроводов.

Геометрические параметры вакуумного трубопровода (диаметр условного прохода и длина) зависят от заданной величины его проводимости. Формулы, которые используются для расчета проводимости, зависят от режима течения газа. Течение газа в вакуумном трубопроводе может протекать в одном из трех режимов: вязкостном, молекулярном и молекулярно-вязкостном. Режимы течения газа классифицируют по величине числа Кнудсена:

$$K_n = \frac{\lambda}{L},$$

где  $\lambda$  – длина свободного пробега молекул газа,  $L$  – наиболее характерный размер трубопровода, как правило, его диаметр.

Принята следующая классификация:

$K_n < 0,01$  – вязкостной режим;

$K_n > 0,33$  – молекулярный режим;

$0,01 < K_n < 0,33$  – молекулярно-вязкостной режим.

При расчетах следует учитывать, что длину вакуумного трубопровода выбирают из конструктивных соображений.

Для молекулярных условий течения газа в вакуумном трубопроводе с круговым сечением проводимость определяется по формуле

$$G_L = \frac{I}{p_2 - p_1} = 3,81 \frac{\sqrt{T} D^3}{\sqrt{M_0} L}, \quad (1)$$

где  $I$  – общий поток газа;  $p_1, p_2$  – давление на концах трубопровода;  $L$  – длина трубопровода;  $D$  – диаметр трубопровода;  $M_0$  – молекулярная масса;  $T$  – температура.

Проводимость трубопровода в молекулярном режиме течения прямо пропорциональна его диаметру в третьей степени и обратно пропорциональна длине. Она возрастает с повышением температуры и с уменьшением молекулярной массы газа. При течении воздуха ( $M_0 = 29$ ) при комнатной температуре ( $T = 293$  К) проводимость длинного канала

$$G_L \sim 12,1 \frac{D^3}{L} \quad (2)$$

В вязкостных условиях сопротивление течению газа определяется его вязкостью.

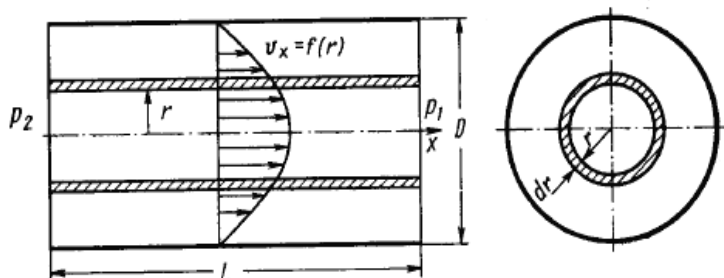


Рисунок 1 – Вязкое течение в цилиндрической трубе  
Проводимость канала для вязкостных условий:

$$G = \frac{\pi}{128\eta_r} p_0 \frac{D^4}{L}. \quad (3)$$

Для воздуха при температуре окружающей среды ( $T \sim 293$  К) коэффициент вязкости  $\eta_{\text{возд}}$  равен  $1,8 \cdot 10^{-4}$ . Подставляя эту величину в формулу (3), получим

$$G_{\text{возд}} = 181 p_0 \frac{D^4}{L}. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что в вязкостных условиях проводимость цилиндрического канала прямо пропорциональна давлению и четвертой степени диаметра, а также обратно пропорциональна длине канала; кроме того, она зависит от рода газа и больше для газов с малой вязкостью, т.е. с малой молекулярной массой и большим размером молекул.

Номинальный диаметр отверстия в трубе, являющийся одной из главных характеристик вакуумного трубопровода, называется условным проходным диаметром  $D_y$ .

Проходной диаметр рекомендуется выбирать из нормализованного ряда размеров ГОСТ 18626-73.

Толщину  $h_c$  стенок вакуумного трубопровода определяют из условия прочности для тонкостенных трубопроводов, для которых выполняется соотношение:  $h_c/D_y < 0,05$ , по формуле:

$$h_c = \frac{p_{\text{атм}} \cdot D_y}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}}} + C, \quad (5)$$

где  $p_{\text{атм}}$  – атмосферное давление,  $\sigma_{\text{доп}}$  – допускаемое напряжение,  $C$  – запас прочности, коэффициент учитывающий влияние коррозии и технологический допуск. Величина прибавки  $C$  колеблется в пределах  $(0,05 \dots 0,18) \times h_c$ .

Если в результате расчета  $h_c$  окажется, что  $h_c/D_y \geq 0,05$ , то расчет следует уточнить по формулам справедливым для толстостенных цилиндров.

Толщину стенки вакуумного цилиндрического трубопровода, особенно в случае больших диаметров, обязательно следует проверять по условию устойчивости:

$$h_c = 1.25 \cdot D_y \cdot \left( \frac{p \cdot l}{E_t \cdot D_y} \right)^{0,4} + C, \quad (6)$$

где  $E_t$  – модуль упругости материала трубопровода;  $D_y$  и  $l$  – диаметр условного прохода и длина трубопровода;  $p$  – внешнее атмосферное давление;  $C$  – допуск на толщину стенки, м. При расчете следует учитывать, что модуль упругости типовых материалов трубопроводов зависит от температуры практически линейно. Увеличение температуры от комнатной до  $400^\circ\text{C}$  сопровождается уменьшением величины  $E_t$ , приблизительно, на 25..30 % [2].

Таким образом, проектирование вакуумных трубопроводов включает выбор их длины, расчет диаметра условного прохода и определение толщины стенок. При расчетах необходимо учитывать режим течения газа в трубопроводе и проводить проверку расчетной толщины стенки по условию устойчивости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника / Л.Н. Розанов. – М.: Высш. шк. – 320 с.

2. ГОСТ 14249 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность // Справочник. Инженерный журнал. – 2007. – № 3. – С. 2–7.

УДК 621.088

Данильчик П.С.

## **О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ВИБРАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ НА СТАНКАХ С ЧПУ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Данильчик С.С.*

На токарных станках с ручным управлением колебательное движение инструмента в процессе вибрационного точения может задаваться кулачком. Для реализации вибрационного точения на станках с ЧПУ нет необходимости в использовании дополнительных устройств. Нужно лишь сообщить инструменту движение в обе стороны вдоль оси заготовки с соответствующими подачами и величинами перемещений. Схематически движение инструмента вдоль заготовки в процессе вибрационного точения представлено на рисунке 1.

Цикл вибрационного точения состоит из перемещения инструмента в направлении подачи на величину  $X_{вр}$  и в обратную сторону на величину  $X_{отв}$ . Движения эти выполняются, соответственно, с подачами  $S_{вр}$  и  $S_{отв}$ , которые состоят из подачи на оборот  $S_o$  и дополнительной скорости движения  $\Delta S_{вр}$ , и определяются по формулам [1]

$$S_{вр} = \Delta S_{вр} + S_o = \frac{S_o}{a} + S_o;$$

$$S_{отв} = \Delta S_{отв} - S_o = \frac{S_o}{b} - S_o,$$

где  $a$  и  $b$  – безразмерные части оборота заготовки, соответствующие прямому (врезание) и обратному (отвод) ходу инструмента. Если  $a$  и  $b$  выразить через коэффициент асимметрии  $\xi$ , который может быть представлен отношением  $a/b$ , и число полных циклов колебаний инструмента за один оборот заготовки  $z$ , то получим

$$S_{\text{вп}} = \frac{(z(\xi + 1) + 1)S_o}{\xi} + S_o;$$

$$S_{\text{отв}} = (z(\xi + 1) + 1)S_o - S_o.$$

Сами величины врезания и отвода инструмента рассчитываются следующим образом [1]:

$$X_{\text{вп}} = S_o + \frac{S_o \xi}{z(\xi + 1) + 1};$$

$$X_{\text{отв}} = S_o - \frac{S_o}{z(\xi + 1) + 1}.$$

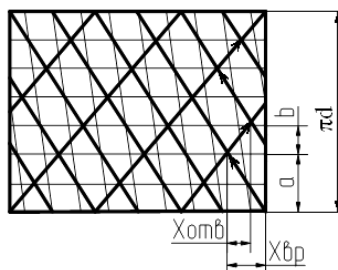


Рисунок 1 – Схема вибрационного точения

Но практика показывает, что при точении с рассчитанными по выше приведенным формулам параметрами на станке 16K20Ф3С32, оснащённом устройством ЧПУ 2Р22, стабильное дробление стружки не отмечается. Связано это с тем, что изменение направления движения инструмента осуществляется двигателем, а на реверсирование двигателя затрачивается определенное время. На рисунке 2 показана схема движения инструмента при вибрационном точении на станке с ЧПУ с коэффициентом асимметрии  $\xi=2$ .

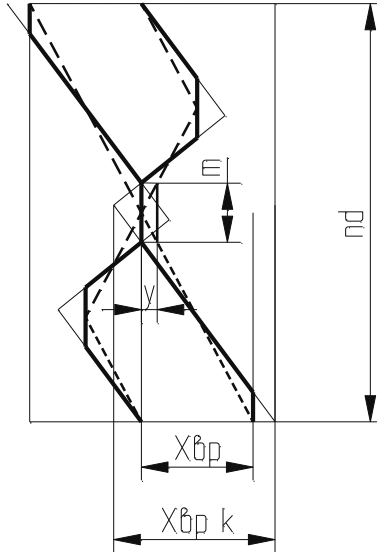


Рисунок 2 – Схема траектории движения инструмента

Штриховой линией изображена траектория движения инструмента с рассчитанными по формулам параметрами. Предположим, что на реверс двигателя продольной подачи револьверного суппорта станка отводится часть оборота заготовки, равная  $m$ . Тогда инструмент не выходит в заданную точку, и величина  $X_{вр}$  уменьшается на два значения  $y$ .

Чтобы получить контакт траекторий движения инструмента на соседних витках, что обеспечит перерезание стружки, необходимо увеличивать скорость подачи и величину врезания инструмента до  $X_{врk}$ . Таким образом, инструмент будет двигаться по траектории, которая изображена на рисунке сплошной жирной линией. Выведем формулы для расчета параметров  $X_{врk}$ ,  $X_{отвк}$ ,  $S_{врk}$  и  $S_{отвк}$ .

Для увеличения амплитуды колебания инструмента необходимо увеличить  $\Delta S_{вр}$ , введя коэффициент  $k$ :

$$S_{\text{врк}} = \frac{(z(\xi + 1) + 1)S_o k}{\xi} + S_o;$$

$$S_{\text{отвк}} = (z(\xi + 1) + 1)S_o k - S_o.$$

Следовательно, увеличится величина перемещения инструмента

$$X_{\text{врк}} = S_o k + \frac{S_o \xi}{z(\xi + 1) + 1};$$

$$X_{\text{отвк}} = S_o k - \frac{S_o}{z(\xi + 1) + 1}.$$

Величина коэффициента  $k$  зависит от ряда параметров. К основным параметрам относятся коэффициент асимметрии и скорость резания. Для различных коэффициентов асимметрии характерны разные подачи  $S_{\text{врк}}$  и  $S_{\text{отвк}}$ , поэтому будут различными и параметры  $X_{\text{врк}}$ ,  $X_{\text{отвк}}$ ,  $S_{\text{врк}}$  и  $S_{\text{отвк}}$ .

Изменение частоты вращения заготовки приводит к изменению параметра  $m$  (рисунок 2), т.е. с увеличением частоты увеличивается часть оборота заготовки, затрачиваемая на реверс электродвигателя.

К примеру, при вибрационном точении стали ШХ15 твердосплавным резцом с частотой вращения  $500 \text{ мин}^{-1}$ , подачей  $0,2 \text{ мм/об}$  и глубиной резания  $1,5 \text{ мм}$  экспериментально получены следующие коэффициенты  $k$ , обеспечивающие надежное стружкодробление:

$\xi = 1/3$	1/2	1	2
3			
$k = 3.245$	3.185	3.3	2.54

2.75.



## **СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ РАЗРЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

*БарГУ, Барановичи*

*Научный руководитель: Благодарный В.М.*

Технический прогресс постоянно способствует появлению новых технологий, новых машин и устройств. А задача технолога-машиностроителя не гоняться за всем новым, а объективно сравнить все существующие технологии (новые и старые) и выбрать наиболее оптимальный способ для конкретной детали. При этом критериями оптимизации могут быть разные: технологические, технические и экономические.

Технологические критерии оптимизации – это критерии, обеспечивающие наиболее оптимальную технологичность производства детали. Под оптимальной технологичностью будем понимать наиболее короткий и простейший цикл производства, обеспечивающий заданные технические параметры.

Процесс резания материалов – наиболее известный и древний способ обработки материалов. Основной технологией резания материалов была механическая. Постепенно в соответствии с техническим развитием человека развивалась технология и инструменты для резания материалов. Достаточно быстрое развитие технологий процессов резания произошло в 20 столетии. Появились такие процессы как: электрическая, электродуговая, плазменная, лазерная резка и водным лучом. Эти процессы резания характеризуются рядом технологических параметров. В связи с тем, что этих параметров слишком много, то можно использовать методы сравнения параметров в соответствии с принципами важности, достаточности и некоррелированности [1].

Каждый критерий характеризуется комплексным показателем качества процесса с точки зрения технологичности, тех-

ничности и экономичности, связанных с особенностями обработанных деталей и самого процесса резания. В общем случае критерий может быть выражен объединением показателей, характеризующих отдельные свойства обработанных деталей и характеристик процесса резания. Так как каждый параметр имеет свою размерность, необходимо их выразить в относительных единицах.

Объединение показателей характеризует процесс обработки конкретной детали по критериям технологичности или техничности. Поэтому комплексный показатель представляет объединение отдельных показателей. Если принять отдельные показатели за переменные, то можно записать

$$k_{xi} = \prod_{i=1}^n k_i = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n. \quad (1)$$

Подсчитанный таким способом комплексный показатель определяет качество и эффективность технологического процесса резания по заданному критерию, и сравнение этих оценок критериев дают возможность выбрать наилучший способ резания с точки зрения технологичности и техничности.

К техническим критериям оптимизации относятся критерии, связанные с качеством поверхности резания, обеспечения параметров точности размеров, сохранением свойств материалов, отсутствием необходимости дальнейшей дополнительной обработки. В зависимости от конкретных условий тот или иной технический критерий может иметь более высокое значение и уже в зависимости от того может быть выбран выгодный способ резания. Метод определения эффективности по критерию техничности точно такой же, как и по критерию технологичности.

К экономическим критериям, прежде всего, нужно отнести цену обработки детали тем или иным способом резания. Может случиться так, этот критерий будет главнейшим и более важным, чем технологический и технический критерии. Тогда необходимо оценить процесс резания данной детали по всем

пригодным для данной детали способам резания и выбрать наиболее дешевый.

Другим более общим критерием качества процесса резания является эффективность, которая характеризует процесс резания не только с точки зрения экономичности, но и технологичности и техничности. В этом случае необходимо использовать системный подход [2].

При оценке эффективности процесса резания целесообразно собрать все показатели в одну таблицу. В этой таблице приводится объективное сравнение характеристик по показателям всех наиболее распространенных процессах резания, за исключением одного – экономического, так как цена обработки зависит от сложности, размеров, точности и свойств материала конкретно обрабатываемой детали. По величинам характеристик строится ряд приоритетности. Способ, который стоит первым в том ряду, является наилучшим и наиболее эффективным. Однако такая оценка является приближенной, так как не учитывает влияния свойств материала детали, точности и других факторов, которые оказывают большое влияние на качество и эффективность процесса резания. На основе выполненного анализа можно констатировать, что выбор оптимального способа резания – не простая задача. На качество и эффективность процесса резания влияет множество различных факторов. Но с помощью системного подхода эта задача может быть достаточно правильно решена. Предложены уравнения и выражения для расчетов коэффициентов близости, сумма которых для каждого способа характеризует его эффективность. Может быть построен ряд приоритетности по величине этих сумм. Показатель с наибольшим значением суммы соответствует наилучшему способу резания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Благодарный, В.М. Надежность технических систем / В.М. Благодарный, С. Павленко // TRANSFER 2003. Využívanie nových poznatkov v strojárskej praxi: Zb. prednášok

5. medzinárodnej vedeckej konferencie, 2 diel, Trenčín-2003. – S. 83-90.

2. Благодарный, В.М. Экспериментальная методика и оценка экспериментов по исследованию режимных параметров высокоскоростного гидроабразивного луча на качество обработанной плоскости резания / В.М. Благодарный, С. Павленко, С. Глох // *Nové trendy v prevádzke výrobnéj techniky 2003: VI. Medzinárodná konferencia, 20-21. november, Prešov, 2003.* – S. 185-191.

УДК 621.762.4

Дубатовка Е.А.

## **ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ НАКАТЫВАНИЯ РЕЗЬБЫ БЕЗ ЗАБОРНОЙ ЧАСТИ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь.  
Научный руководитель: Молочко В.И.*

Резьбонакатные ролики используют для накатывания наружных резьб, по производительности (60..80 шт./мин). Ролики обеспечивают точную резьбу, так как работают с малыми давлениями и, кроме того, резьба на роликах вышлифовывается с высокой точностью и малой шероховатостью поверхности. Благодаря постепенной радиальной подаче роликов нагрузка на витки распределяется более равномерно, поэтому можно производить накатку резьбы даже на полых заготовках, а также на заготовках из малопластичных материалов. Ролики позволяют производить накатку резьб на заготовках диаметром от 2 до 60 мм

Накатывание резьбы роликами с радиальной подачей заготовок.

Этот способ применяют для изготовления винтов, болтов, шпилек и других деталей с цилиндрической и конической резьбой, а также для изготовления метчиков, микрометрических и ходовых винтов и резьбовых калибров. Диаметры накатываемых резьб от 0,8 до 100...120 мм с шагом до 8 мм. Длина резьбы обычно не превышает 160...200 мм.

Накатывание резьбы осуществляют накатными роликами, имеющими резьбу с профилем и шагом накатываемой резьбы (рисунок 1). Заготовка помещается между двумя роликами 1 и 2, которые в процессе накатки вращаются в одном направлении, а заготовка – в противоположном. Заготовка 3 устанавливается на опорную линейку 4 с напаянной твердосплавной пластиной, обеспечивающей линейке высокую износостойкость. Для того чтобы заготовку не выталкивало из контакта с роликами, ее ось располагают ниже линии центров роликов на величину 0,1...0,6 мм. По окончании формирования резьбы подача прекращается, и при дальнейшем вращении роликов происходит калибрование резьбы.

Направление резьбы на роликах обратное накатываемой. По оси ролики смещены на полшага относительно друг друга так, что выступы витков одного ролика входят во впадины витков другого ролика. При вращении роликов осевое перемещение заготовки отсутствует. Поэтому можно накатывать резьбу на заготовках с буртиками и на конических поверхностях. Наличие осевого перемещения свидетельствует о погрешностях шага резьбы роликов, а попытки установить для заготовки упоры приводят к порче резьбы.

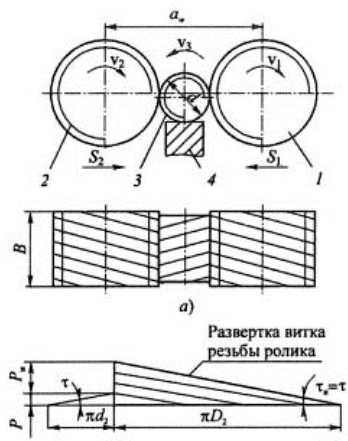


Рисунок 1

Накатывание резьбы двумя роликами при тангенциальной подаче заготовок. Применяется для получения цилиндрических коротких резьб треугольного, круглого и трапецеидального профилей на специальных или обычных двухроликовых станках с загрузочно-приемными устройствами. При накатывании резьбы с тангенциальной подачей ролики принудительно вращаются в одну сторону.

Заготовка из загрузочного устройства падает в пространство между роликами, которые смещены друг относительно друга в осевом направлении на 0,5 шага. При таком расположении роликов обеспечивается затягивание заготовки и формирование резьбы.

Скорость подачи  $x_n$  определяется при заданной скорости накатывания разностью окружных скоростей накатных роликов и равна:  $x_n = (x_2 - x_1) / 2$ .

Ведущий накатной ролик имеет большую окружную скорость и осуществляет тангенциальную подачу заготовок.

Обычно точность получаемой резьбы не превышает 10..12 мкм; точность резьбы 6..7 квалитет. Производительность 30..50 штук в минуту.

Угол подъема  $\phi$  резьбы обоих роликов выполняется одинаковым. Средний расчетный диаметр ролика рассчитывается из соотношения:

$$D_{cp} = \frac{S_p}{S} d_{cp} = i d_{cp} \text{ мм,}$$

где  $S_p$  – ход резьбы ролика, мм;  $S, d_{cp}$  – шаг и средний диаметр резьбы заготовки, мм;  $i$  – число заходов резьбы ролика, равное целому числу.

Накатывание с тангенциальной подачей заготовки характеризуется более высокой производительностью, чем накатывание с радиальной подачей. При работе у роликов сохраняется постоянное межцентровое расстояние. Недостатком данного способа является невысокое качество накатываемой резьбы.

Накатывание резьбы с осевой подачей заготовок.

Способ применяется для изготовления длинных цилиндрических резьб треугольного и трапецеидального профилей с шагом до 3..5 мм. Максимальный диаметр накатываемой резьбы до 50..75 мм.

Накатывание осуществляется комплектом из двух или трех роликов на специальных станках.

Ролики могут иметь винтовую или кольцевую нарезку. В первом случае оси роликов устанавливаются под углом к оси накатываемой детали или параллельно ей. Во втором случае оси роликов обязательно наклонены к оси накатываемой детали под углом подъема резьбы.

Для облегчения захвата заготовки роликами на ней делается фаска под углом 20..40°. Производительность указанного способа при автоматической загрузке составляет 30..60 деталей в минуту.

На рис. 2 представлена схема накатывания, при которой движение осевой подачи заготовок осуществляется благодаря осевой составляющей силы, возникающей при работе роликами с параллельно расположенными осями, у которых винтовая линия наклонена под углом, большим угла наклона накатываемой резьбы. Недостатком данной схемы является проскальзывание витков роликов и заготовки, приводящее к снижению стойкости инструмента.



Рисунок 2

Схема накатывания роликами с кольцевой резьбой и осями, перекрещивающимися под углом, соответствующим углу подъема накатываемой резьбы, приведена на рис. 2. Одним

комплектom роликов возможно накатывание как правой, так и левой резьбы различного диаметра путем изменения угла и направления наклона поворотных шпинделей роликов.

УДК 621.919.1

Ерощенко О.П.

## **ГРУППОВЫЕ СХЕМЫ ПРОТЯГИВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Молочко В.И.*

Протягивание осуществляется по одинарной и групповой схемам резания. Протяжки с групповой схемой резания имеют преимущества по сравнению с протяжками, работающими по одинарной схеме резания: у них больше подача на зуб; у стружки отсутствует ребро жесткости; они работают при меньших силах резания; показывают больший период стойкости (в 2 раза больше, чем протяжки одинарной схемы). Разновидностями групповой схемы резания являются: шахматная; схема П.П. Юнкина (прогрессивная); схема переменного резания; многогранная схема резания (разработана НИИТАвтомобилей).

Протяжки таких схем резания отличаются от протяжек одинарной схемы резания тем, что они разделяются на группы по два зуба и более, имеющих в пределах группы одинаковые диаметры и срезающих общий слой за счет распределения срезаемого слоя между зубьями в группе.

**Шахматная схема.**

При шахматной схеме резания слоев первый зуб группы имеет выступы и срезает только часть периметра отверстия. Следующий зуб без подъема имеет непрерывную режущую кромку и срезает оставшиеся участки слоя. Если в группе более двух зубьев, то на каждом последующем зубе, кроме последнего шлицевые выступы смещены относительно выступов предыдущего зуба.



Недостатки:

– при этой схеме на вспомогательных режущих кромках первых зубьев отсутствует задний угол, что создает неблагоприятные условия работы этих кромок;

– вышлифование впадин между выступами первых зубьев групп представляет известные трудности (ось шлифовального круга расположена перпендикулярно оси протяжки и поэтому имеется опасность повреждения кромок соседних зубьев).

Схема протяжек П.П. Юнкина.

Круглые протяжки, предложенные инженером П.П. Юнкиным, состоят из нескольких групп (секций) с черновыми зубьями, зачищающей части и калибрующих зубцов. Если группа зубьев содержит число зубьев более двух, то срезание слоев достигается за счет уширения кромки последующего зуба по отношению к кромке предыдущего зуба. Кромки снабжаются узкими стружкоразделителями такой же конструкции, как и кромки протяжек одинарного резания, которые становятся источниками более интенсивного износа. Так же наблюдаются те же недостатки, что и у протяжек шахматной схемы резания.

Протяжки переменного резания.

Черновые зубцы располагаются отдельными группами – секциями. Диаметры зубцов входящих в секцию одинаковы, за исключением последнего зубца, который выполняется на 0,03..0,05 мм меньше остальных. Последний зуб группы является полнопрофильным, без стружкоразделителей. Диа-

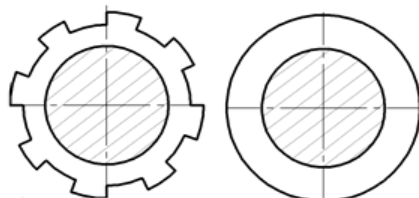


Рисунок 1 – Шахматная схема (в секции 2 зуба)

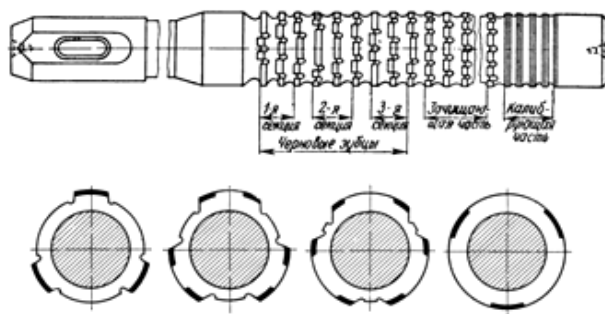


Рисунок 2 – Круглая протяжка конструкции П.П. Юнкина

метры самих секций (от первой до последней) постепенно увеличиваются.

Особенность конструкции протяжек заключается в наличие выкружек, наносимыми на первых зубьях группы шлифовальным кругом. Эта конструкция дает следующие преимущества по сравнению с протяжками других конструкций:

- устраняется опасность повреждения соседних зубьев при нанесении стружкоразделителей;

- на вспомогательных кромках зубьев получают удвоительные задние углы;
- пониженное налипание металла на задних гранях;
- повышение чистоты обрабатываемых поверхностей;
- вспомогательная кромка примыкает под большим углом, что улучшает теплоотвод от уголков в процессе резания и тем самым повышает стойкость протяжек;
- срезаемый слой приблизительно прямоугольного сечения, без ребра жесткости;
- благоприятная форма стружки позволяет ей свертываться в более плотный валик, вследствие чего для размещения стружки данного объема требуется относительно меньшее пространство, согласно этому при заданной длине протягиваемого отверстия шаг зубьев и длина рабочей части протяжки могут быть относительно уменьшены.

Многогранная схема протягивания.

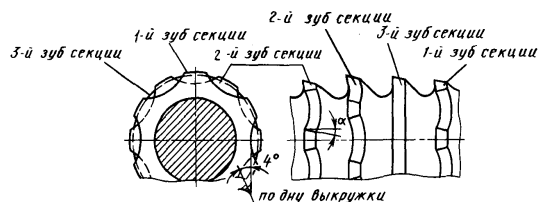


Рисунок 3 – Схема протяжки переменного резания

Обычно протяжки с выкружками делаются с двумя или тремя зубьями в группе. При протягивании глубоких отверстий и недостаточной тяговой силе протяжного станка необходимо применять протяжки с большим числом зубьев в группе – четыре-пять. При этом длина и глубина выкружек получается весьма значительной, что затрудняет их изготовление, вызывает опасность прижогов и ослабляет сечение протяжки. Поэтому в случае необходимости иметь в группе более трех зубьев целесообразно применять многогранные протяжки.

Выкружки здесь заменены прямолинейными гранями, образующими вспомогательные режущие кромки с задними боковыми углами  $\alpha_6 = 3^\circ$ , равными задним углам на главной режущей кромке.

Эти протяжки обладают теми же достоинствами, что и протяжки с выкружками. Кроме того, они проще в изготовлении, так как лыски менее глубоки, чем выкружки, и имеют прямолинейную форму, получаемую шлифованием на проход.

В настоящее время протяжки группового резания – с выкружками и многогранные – должны рассматриваться как основные конструкции протяжек для круглых отверстий.

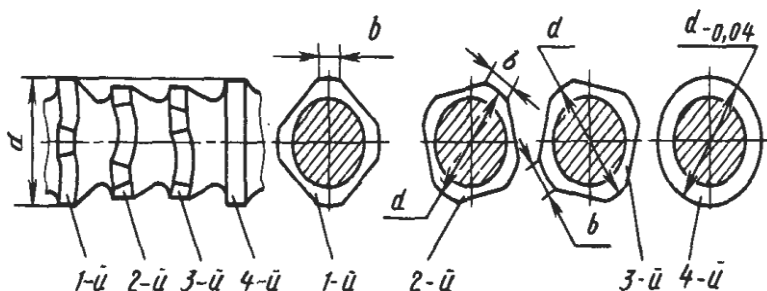


Рисунок 4 – Квадратная протяжка

## ЛИТЕРАТУРА

1. Семенченко, И.И. Проектирование металлорежущих инструментов / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров; под ред. И.И. Семенченко. – М: МАШГИЗ, 1963. – 952 с.
2. Щеголев, А.В. Конструирование протяжек / А.В. Щеголев. – М.: МАШГИЗ, 1960. – 352 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ TiN  
ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ  
НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СТЕКЛА**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Комаровская В.М.*

Для защитно-декоративных покрытий, которые контактируют с внешней средой, микротвердость поверхности является важным параметром механической прочности. Если сформированное покрытие обладает достаточной адгезией, то время его «жизни» будет определяться микротвердостью [1]. Микротвердость вакуумно-плазменных покрытий полученных методом КИБ (конденсация вещества из плазменной фазы в условиях ионной бомбардировки) определяется составом покрытия и зависит от технологических параметров процесса формирования покрытия [2, 3].

Для исследования влияния технологических параметров процесса формирования вакуумно-плазменных покрытий на микротвердость применительно к неметаллическим материалам использовались образцы из стекла марки М1 ГОСТ 111-2001 размерами 80×20×3 мм.

Процесс ионной обработки и формирования покрытия осуществлялся с использованием установки УВНИПА-1-002 модели УРМ 3.279.079 предназначенной для нанесения износостойких, упрочняющих и декоративных покрытий методом электродугового напыления. При формировании покрытия на образец первоначально наносился присоединительный слой Ti, а затем рабочий слой TiN.

Измерение микротвердости проводили в соответствии с рекомендациями ГОСТ 9450-76 на приборе ПМТ-3 с малыми нагрузками. Глубина внедрения индентора выбирается из двух

условий [4]: глубина не должна быть более 2/3 толщины покрытия и она должна быть достаточной, чтобы исключить влияние внутренних напряжений в пленке.

Перед испытаниями образец устанавливался на предметном столике так, чтобы испытываемая поверхность была перпендикулярна направлению нагрузки и оси индентора. Соседние отпечатки наносили так, чтобы промежутки между их центрами были больше диагонали отпечатков в три раза. Образец нагружался плавно (слишком быстрое нагружение вызывает ударное воздействие индентора на поверхность покрытия и может привести к занижению оценок микротвердости вследствие проламывания участка покрытия), с постоянной скоростью и выдерживался под нагрузкой 20 гр в течение 5..10 с. Затем нагрузка снималась, а образец перемещался в поле зрения микроскопа. Длина диагонали замерялась окулярным микрометром.

Чтобы погрешность измерений свести к минимуму количество наносимых отпечатков для каждого образца составляло 5. Микротвердость рассчитывали по формуле (МПа):

$$H_{\mu} = \frac{18540 \cdot P}{(0,3 \cdot d_{\text{делен}})^2}, \quad (1)$$

где  $P$  – прикладываемая нагрузка, гр;  $d_{\text{делен}}$  – длина диагонали, деления.

Следует отметить, что определение истинного значения микротвердости тонких покрытий является сложной задачей, вследствие влияния параметров основы на точность замеров (чем мягче основа, тем больше процент погрешности истинного значения микротвердости) [2]. Так как стекло является достаточно твердым материалом можно предположить, что в данном случае погрешность измерения сводится к минимуму.

Значения микротвердости TiN покрытия на стекле при различных технологических параметрах процесса формирования вакуумно-плазменных покрытий представлены на рисунке 2.

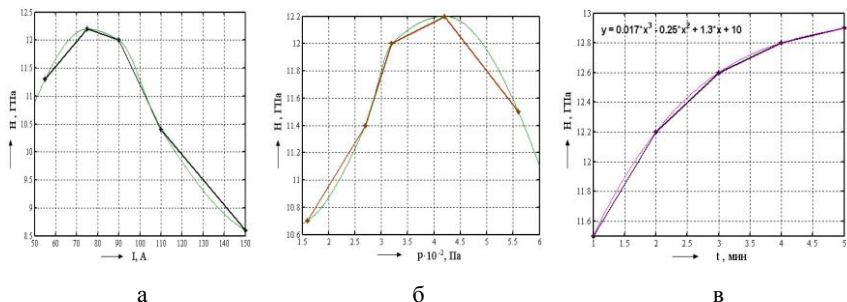


Рисунок 1 – Зависимость микротвердости TiN покрытия на стекле от технологических параметров процесса:

а – от тока дуги ( $p=4,2 \cdot 10^{-2}$  Па,  $t=2$  мин); б – от давления реакционного газа ( $I=75$  А,  $t=2$  мин); в – от времени нанесения покрытий ( $I=75$  А,  $p=4,2 \cdot 10^{-2}$  Па)

Определяющее влияние на величину микротвердости покрытия оказывает ток дугового разряда. Максимальная микротвердость покрытия получена при токе дугового разряда 70 .. 90 А (рисунок 1, а).

При меньших значениях тока дугового разряда наблюдается незначительное снижение микротвердости покрытия. Это связано с тем, что при величине тока дуги менее 70 А производительность процесса осаждения покрытия весьма низкая, следовательно толщина покрытия TiN минимальная и на величину микротвердости поверхности влияет относительно пластичный демпферный слой Ti. При увеличении тока дуги более 90 А в плазменном потоке увеличивается процент концентрации капельной фазы, а при больших значениях тока дуги (150 и более) в процессе осаждения участвуют не только капли, но и макроблоки материала катода [2].

Так как капельная фаза имеет меньшую микротвердость, то этим и объясняется общее снижение микротвердости покрытия. Изменение давления в вакуумной камере оказывает двойное влияние на величину микротвердости покрытия (рисунок 1 б). При низком давлении ( $p=1,6 \cdot 10^{-2}$  Па) покрытие формируется, как за счет образования молекул TiN, так и за счет  $\alpha - Ti$ , что существенно снижает микротвердость покрытия. По мере

увеличения давления ( $p=(3,2 \dots 4,6) \cdot 10^{-2}$  Па) увеличивается процентное содержание N и образуется больше молекул TiN, что приводит к увеличению микротвердости. Определяли также зависимость микротвердости от времени формирования покрытия (рисунок 1 в). С увеличением времени увеличивается толщина покрытия, что влечет за собой увеличение микротвердости покрытия. Это связано с тем, что снижается влияние присоединительного слоя Ti на микротвердость покрытия. Однако при дальнейшем увеличении времени формирования покрытия ( $t=5$  и более минут) наблюдается частичное отслаивание покрытия от основы, что, скорее всего, связано с ростом напряжений в пленке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров, А.Л. Оценка механической прочности поверхности оптических покрытий методом истирания абразивом во вращающемся барабане / А.Л. Егоров, В.Ф. Михайлов // Оптико-механическая промышленность, 1990. – № 4. – С. 75–78.
2. Иващенко, С.А. Газотермические и вакуумно-плазменные покрытия со специальными физико-механическими свойствами / С.А. Иващенко, И.С. Фролов, Ж.А. Мрочек – Минск: УП «Технопринт», 2001. – 236 с.
3. Гайнутдинов, И.С. Влияние ионного ассистирования на эксплуатационные характеристики оптических покрытий / И.С. Гайнутдинов, Р.М. Мустаев, А.В. Михайлов, А.Г. Гусев // Оптический журнал, 2001. – Т. 68. – № 5. – С. 29–32.



## **ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ШИХТЫ НА ОСНОВЕ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Дробыш А.А.*

В связи с увеличением потребности в пористых проницаемых материалах, расширением областей их применения, ужесточением требований к экологической безопасности сформировались тенденции к использованию импортозамещающих натуральных природных материалов, в частности, на основе оксидной керамики. В этом смысле на территории Беларуси перспективным представляется природный кварц, характеризуемый низкой себестоимостью и приемлемыми физико-химическими характеристиками.

Технология получения пористых проницаемых изделий (ППИ) на основе песка разработана совместно сотрудниками БНТУ и ИОНХ НАН Б и включает традиционные операции порошковой металлургии: подготовку сырьевого кварцевого песка, подготовку шихты, получение прессовок, спекание прессовок.

Подготовка сырьевого кварцевого песка состоит из сушки и отсева на фракции. Сушку осуществляют как в специальных сушильных шкафах, так и на открытом воздухе. Отсев на фракции традиционно выполняют на ситах (ситовой анализатор), грохотах. В качестве сырья для получения ППИ используется кварцевый песок марки ВС-030, имеющий гранулометрический состав согласно таблице 1.

С состав шихты входят следующие компоненты: кварцевый песок, каркасообразователь – карбонат кальция, связующее – жидкое стекло (натриевое), порообразователь – мука, а так же вода и поверхностно-активное вещество.

Таблица 1 – Распределение природного кварца по фракциям

Фракция, мкм	Процентное содержание в общем объеме сырья, %
(-630)	5
(+315)÷(-630)	25
(+200)÷(-315)	60
(-200)	10

Порядок подготовки шихты: жидкое стекло смешивают с водой и поверхностно активным веществом, в полученный раствор вводят каркасообразователь, кварцевый песок и порообразователь. После ввода каждого компонента, шихту тщательно перемешивают.

Полученная шихта обладает повышенной влажностью, высокими адгезионными свойствами, склонна к комкованию. В связи, с этим далее выполняется операция растирания комков на ситах, и промежуточные рассев и сушка. При необходимости указанные действия повторяют несколько раз.

Формообразование заготовок ППИ в форме труб осуществляют радиальным прессованием на оправку. Этот способ характеризуется минимальным перемещением частиц порошка в направлении приложения нагрузки, что особенно важно для прессования кварцевого песка – достаточно хрупкого и твердого материала. Повышению равномерности характеристик прессовок, и как следствие, готовых изделий, способствует использование оправки, плакированной эластичным материалом. Диапазон давлений прессования составляет 40..80 МПа, оптимальное давление – 60 МПа.

Полученные заготовки подвергают промежуточной сушке на воздухе. Спекание изделий осуществляют в печах в воздушной среде. Температура спекания составляет 850<sup>0</sup>С.

Полученные таким образом ППИ имеют характеристики согласно таблице 2.

Таблица 2 – Некоторые структурные характеристики материала из природного кварца

Исследуемые характеристики	Фракция природного кварца	
	(+315) $\pm$ (-630) мкм	(+200) $\pm$ (-315) мкм
Пористость, %	46	35
Максимальный размер пор, мкм	95	62
Средний размер пор, мкм	51	39

Дополнительная обработка ППИ на основе кварцевого песка не требуется. Изделия на основе кварцевого песка пригодны для очистки воды (в том числе питьевой) и воздуха от различных примесей.

В настоящее время рассматриваются следующие пути модифицирования характеристик и свойств ППИ на основе кварцевого песка:

- Нанесение на ППИ префильтров и мембран;
- Получение композиционных ППИ по схеме: слой порошка-слой намотки-слой порошка;
- Получение ППИ с развитой рабочей поверхностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петюшик, Е.Е. Пористый проницаемый материал на основе оксида кремния / Е.Е. Петюшик, С.М. Азаров, А.А. Дробыш // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: Тезисы докладов 6-й Междунар. научно-техн. конф. – Гродно, 2005 – С. 95–96.

2. Дробыш, А.А. Природный кварц, как сырье для изготовления проницаемых материалов / А.А. Дробыш, Т.Е. Петюшик, Е.Е. Петюшик // Сборник тезисов докладов X Республ. Науч. конференции студентов и аспирантов высш. учеб. заведений РБ. В трех частях. Часть 2. Минск, 2005. – С. 27–28.

3. Петюшик, Е.Е. Деструкция порошков природного кварца при радиальном обжатии / Е.Е. Петюшик, С.М. Азаров, А.А. Дробыш, Д.В. Макачук // Порошковая металлургия. – Минск, 2006. – Вып. 29. – С. 342–347.

## **СОСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТАБЛИЦ ДЛЯ ВЫБОРА МЕХАНИЧЕСКИХ НАСОСОВ ОБЪЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Иванов И.А.*

Современной промышленность выпускается большое количество вакуумных механических насосов объемного действия различными производителями и различной быстроты действия. В большинстве случаев при выборе насоса учитывают, в первую очередь, производительность насоса, его принцип действия, а затем – геометрические характеристики и массу. Сопоставления рабочих характеристик и габаритных размеров насосов при проектировании вакуумных систем остается по-прежнему трудоемкой задачей. Упрощение данной работы видится в создании баз данных по механическим вакуумным насосам объемного действия, что является целью данной работы. Для облегчения поиска механического вакуумного насоса объемного действия и сопоставления их характеристик при выборе была создана таблица, в которой собраны основные рабочие параметры насосов, а также приведены их чертежи с габаритными размерами, общий вид, график распределения давления в зависимости от быстроты действия насоса и основные данные о производителях насосов.

Таблица содержит информацию о 5 наиболее известных компаниях по производству вакуумных насосов, а также предусматривает добавление дополнительных данных в таблицу.

Поиск по таблице возможен по следующим критериям:

- производителю (предприятию изготовителя);
- принципу действия насоса;

- определенной марке;
- скорости действия насоса;
- предельному остаточному давлению;
- давлению запуска насоса.

Поиск насоса, возможно осуществлять непосредственно просматривая каждый тип насоса или с помощью фильтров (поисковика). При использовании фильтров необходимо выбрать тип фильтра (текстовый или числовой) и условие по которому будет осуществляться поиск насоса.

Для поиска по производителю, принципу действия насоса, марке насоса используются текстовые фильтры, а для поиска по скорости действия насоса, предельному остаточному давлению или давлению запуска насоса используются числовые фильтры. Также в данной таблице возможно осуществлять поиск и по нескольким критериям одновременно (по предельному остаточному давлению и скорости действия насоса).

Для выбора фильтра по определенному критерию необходимо нажать на кнопку 1 (рисунок 1), далее выбрать фильтр (текстовый или числовой), наведя на него мышкой и выбрать условие поиска позиция 2 на рисунке 1. Возможные условия поиска: равно ...; не равно ...; начинается с...; заканчивается на ...; содержит ...; не содержит ...; больше ...; больше или равно ...; меньше ...; меньше или равно ...; между ...; первые 10 ...; выше среднего; ниже среднего. Если ни одно условие не подходит можно выбрать настраиваемый фильтр и задать собственное условие.

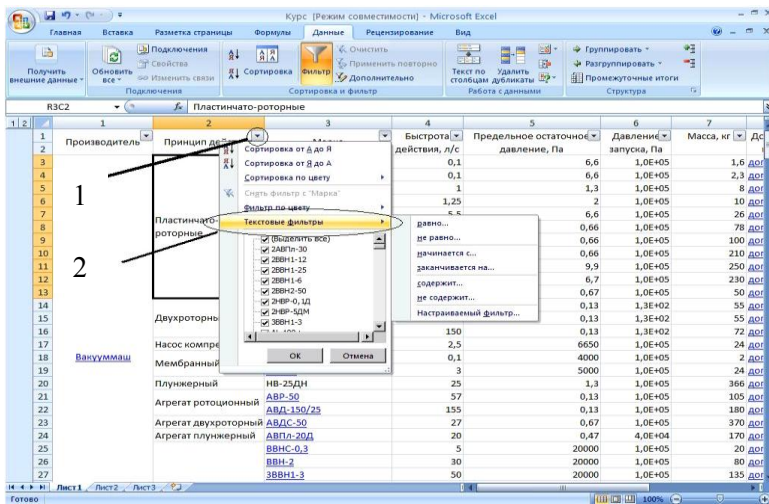


Рисунок 1 – Выбор фильтра

При выборе фильтра появляется диалоговое окно, в котором возможно изменить условие выбора или задать свое (рисунок 2) нажав на кнопку 3. Также возможно задать дополнительное условие, нажав на кнопку 4 (рисунок 3), выбрать необходимое условие и задать логическую команду по которой будет осуществляться поиск по таблице «И» или «ИЛИ». При выборе «И» будет осуществляться поиск с выполнением двух условий, а при выборе «ИЛИ» результаты будут с одним из двух условий или с двумя одновременно.

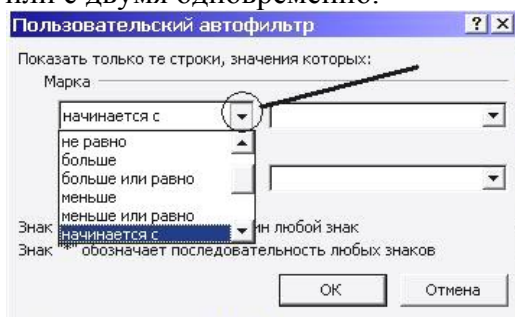


Рисунок 2 – Настройка фильтра



Рисунок 3 – Настройка фильтра

В правой части диалогового окна вводятся значения поиска. После нажатия на кнопку «ОК» на экране выводятся результаты поиска. Далее можно задавать дополнительные условия поиска по другим критериям. Ввод данных и выбор условий производится аналогично. При включении фильтра на кнопке 1 появляется значок, который появляется при включении фильтра. Для возврата в исходное состояние необходимо снять все фильтры. Для этого нужно нажать на кнопку 1 (рисунок 1) и выбрать пункт «снять фильтры». После снятия всех фильтров можно производить следующий поиск насоса. Для просмотра внешнего вида насоса необходимо нажать на интересующую марку насоса и после этого появится фото этого насоса. Для просмотра информации о производителе нужно нажать на данном изготовителе, после появится дополнительная информация о производителе (адрес, интернет сайт, телефон и т.п.). Также есть возможность просмотра сборочного чертежа насоса, графика распределения быстроты действия насоса от давления и подробные данные на интересующий насос, для просмотра необходимо нажать на интересующем пункте, после чего появится нужная информация. Для завершения работы с таблицей нужно закрыть окно таблицы.

Таким образом, разработана информационная таблица по вакуумным механическим насосам объемного действия облегчающая поиск и сопоставление рабочих параметров насосов. Разработанная таблица может быть использована в

качестве основы для разработки баз данных по механическим насосам.

УДК 621.762.4

Карабан А.С.

## **ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Иващенко С.А.*

Деформации являются результатом наличия внутренних напряжений, которые могут вызываться различными причинами.

К причинам, способствующим возникновению деформаций, относятся напряжения, возникающие в процессе обработки. В свою очередь причинами возникновения напряжения могут служить: неравномерный нагрев, кристаллизационные, структурные изменения металла и т.д.

Напряжения, возникающие при формировании вакуумно-плазменных покрытий, оказывают существенное влияние, как на эксплуатационные характеристики деталей, так и на показатели качества их поверхности. Получение, а в некоторых случаях и эксплуатация износостойких покрытий, неизбежно связаны с возникновением в них остаточных термических напряжений, которые оказывают решающее влияние на прочность покрытия и его сцепление с основой.

При недостаточном сцеплении может произойти отслаивание покрытия; если же прочность сцепления больше отрывного усилия, например, при напылении покрытий с последующим оплавлением, то возникающие напряжения могут привести к деформации детали или к повреждению (растрескиванию) покрытия. Растрескивание и отслаивание покрытия ухудшают его качество и в ряде случаев приводят к браку. Деформация детали приводит к потере геометрической точности.



Снижение уровня остаточных напряжений в покрытии можно обеспечить за счет создания переходных адгезионных слоев (ПАС) между покрытием и основой. Однако наличие в химическом составе ПАС только элемента покрытия не обеспечивает достаточную прочность сцепления покрытия с основой. Нанесение ПАС, химический состав которых близок к материалу, как покрытия, так и основы, позволит дополнительно снизить остаточные напряжения в покрытии, повысить прочность сцепления его с основой.

С целью определения химического состава ПАС, обеспечивающего максимальное снижение остаточных напряжений, были проведены расчеты напряжений в одно-, двух- и трехслойной композициях с ПАС. В качестве ПАС использовали: 1) чистые металлы IV-VI групп периодической системы элементов, применяемые в покрытиях: Ti, Zr, Hf, Cr, Mo, Ta, Nb, V, W, а также чистое железо; 2) твердые растворы титана и тех же металлов (Ti-Me); 3) твердые растворы нитрида титана и нитридов тех же металлов (Ti, Me)N. Результаты расчета показали, что наибольшее снижение остаточных напряжений обеспечивают ПАС, в состав которых входят элементы покрытия и железо (рисунок 1).

Так, для покрытия TiN применение в качестве ПАС чистых титана и железа (Ti-Fe) способствует снижению величины остаточных напряжений в покрытии на 19 %, нитрида (Ti, Fe)N – на 33 %, а их сочетания – на 42 %. Для проверки полученных расчетных данных были проведены экспериментальные исследования структурных параметров и механических свойств износостойких композиций с ПАС. В качестве верхнего слоя износостойких композиций использовали нитрид титана TiN и (Ti, Zr)N; ПАС для покрытия TiN наносили на основе титана и железа (Ti-Fe), сложного нитрида титана и железа (Ti, Fe)N, а также их сочетания; для покрытия (Ti, Zr)N – на основе сочетания чистых титана, циркония, железа (Ti-Zr-Fe) и их нитрида (Ti, Zr, Fe)N.

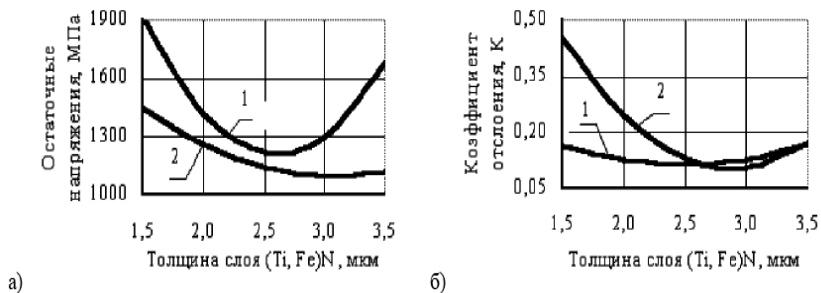


Рисунок 1 – Влияние толщины ПАС(Ti, Fe) на остаточные напряжения (а) и коэффициент отслоения (б): 1 – композиция (Ti, Fe)N+TiN; 2 – композиция (Ti, Fe)+(Ti, Fe)N+TiN

Установлено, что наличие ПАС практически не изменяет периода кристаллической решетки, ширины рентгеновской линии и микротвердости покрытия, однако значительно снижает остаточные напряжения. При этом величина изменения остаточных напряжений определяется составом ПАС и соотношением толщин ПАС и основного покрытия. Так, для композиции на основе покрытия TiN наибольшее снижение остаточных напряжений имело место в случае использования ПАС на основе сочетания мягкого слоя титана и железа и их нитрида и составило 40 %. Наличие ПАС только на основе нитрида титана и железа уменьшает величину остаточных напряжений на 28 %. Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с расчетными. Как видно из таблицы, снижение остаточных напряжений привело к повышению прочности сцепления покрытий с основой.

При этом, как и в случае с остаточными напряжениями, величина снижения коэффициента отслоения также зависит от соотношения толщин ПАС и основного покрытия. Наибольшая прочность сцепления для композиции с покрытием TiN наблюдалась при использовании ПАС на основе чистых титана и железа и их нитрида (снижение коэффициента отслоения составило 60%). Аналогичные данные получены для композиции с покрытием (Ti, Zr)N. Как видно из таблицы, наличие ПАС (Ti-Zr-Fe) и (Ti, Zr, Fe)N в трехслойной композиции (Ti-Zr-Fe) +

+ (Ti, Zr, Fe)N + (Ti, Zr)N привело к снижению величины остаточных напряжений в покрытии на 45 % по сравнению с покрытием (Ti, Zr)N. Коэффициент отслоения для трехслойной композиции (Ti-Zr-Fe) + (Ti, Zr, Fe)N + (Ti, Zr)N уменьшился на 84 % по сравнению с покрытием (Ti, Zr)N, что свидетельствует о более высокой прочности сцепления с быстрорежущей основой по сравнению с покрытием (Ti, Zr)N. Так же, как и в случае с износостойкой композицией на основе покрытия TiN, микротвердость композиции (Ti – Zr – Fe) + (Ti, Zr, Fe)N + (Ti, Zr)N практически не изменяется по сравнению с покрытием (Ti, Zr)N. Исследованиями интенсивности изнашивания установлено снижение износа для композиции с ПАС в 1,4..3 раза в зависимости от составов ПАС.

Таким образом, проведенные исследования показали, что создание между покрытием и основой переходного адгезионного слоя, включающего элементы материала как покрытия, так и основы, способствует снижению остаточных напряжений в покрытии и повышению прочности его сцепления с основой, что в конечном итоге приводит к повышению работоспособности быстрорежущего инструмента.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышев, Г.Н. Остаточные напряжения в деформируемых твердых телах / Г.Н. Чернышев [и др.]. – М., 1996.
2. Панькин, Н.А. Остаточные напряжения и микротвердость конденсата, полученного вблизи титанового катода при нанесении TiN-покрытий методом конденсации с ионной бомбардировкой / Н.А. Панькин, Н.А. Смоланов // Тезисы докладов XXXV звенигородской конференции по физике плазмы и УТС. – М., 2008. – С. 295.
3. Касаткин, Б.С. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений / Б.С. Касаткин [и др.]. – Киев, 1981.

**РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛОСКОЙ МЕМБРАНЕ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Молочко В.И.*

Плоские круглые диафрагмы постоянной толщины  $h$ , мм, выполненные заодно с корпусом, используются в качестве чувствительного упругого элемента в различного рода измерительных приборах, например, в измерителях давления. Очевидно, что при повышении давления  $P$ , МПа, жидкости в рабочей камере прибора, диафрагма будет деформироваться и в ней будут возникать радиальные  $\sigma_r$  и касательные  $\sigma_t$  напряжения, подсчитываемые по формулам [1]:

$$\sigma_r = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} \left[ (\mu + 1)\rho^2 - (1 + \mu) \right] \quad (1)$$

$$\sigma_t = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} \left[ (\mu + 1)\rho^2 - (1 + \mu) \right] \quad (2)$$

где  $\rho = \frac{R_x}{R}$ , причем  $R_x$  и  $R$  – соответственно текущий и максимальный радиусы диафрагмы,  $\mu$  – коэффициент Пуассона.

Для стальной диафрагмы принимают  $\mu=0,3$ , следовательно

$$\sigma_r = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} \left[ 3\rho^2 - 1,3 \right] \quad (1')$$

и

$$\sigma_t = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} \left[ 9\rho^2 - 1,3 \right] \quad (2')$$

Поскольку диафрагма находится в плоском напряженном состоянии, при котором  $\sigma_1 = \sigma_t$ ,  $\sigma_2 = 0$  и  $\sigma_3 = \sigma_r$ , ее прочностные свойства оцениваются по эквивалентному напряжению  $\sigma_{\text{экв}}$ ,

равному в соответствии с третьей теорией прочности (теорией энергии формоизменения)

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_3} = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_t^2 - \sigma_r\sigma_t}. \quad (3)$$

Подставляя в формулу (3) значения  $\sigma_r$  и  $\sigma_t$  из формул (1') и (2') после преобразований получим

$$\sigma_{\text{экв}} = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} \sqrt{8,27\rho^4 - 6,76\rho^2 + 1,69}. \quad (4)$$

Для определения экстремальных точек нагружения диафрагмы приравняем к нулю производную  $\frac{d\sigma_{\text{экв}}}{d\rho}$ . В результате

те получим

$$\frac{d\sigma_{\text{экв}}}{d\rho} = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} \left[ \frac{2 \cdot 8,27\rho^3 - 6,76\rho}{\sqrt{8,27\rho^4 - 6,76\rho^2 + 1,69}} \right] = 0 \quad (5)$$

или

$$\rho(8,27\rho^2 - 3,38) = 0$$

Решая уравнение (5), получаем три корня, три экстремальные точки графика функции  $\sigma_{\text{экв}} = f(\rho)$ :  $\rho_1 = 0$  и  $\rho_{2,3} = \pm 0,639$ .

При безрадиусном сопряжении мембраны с корпусом график функции  $\sigma_{\text{экв}} = f(\rho)$  построенный при условиях:  $P = 20$  МПа,  $R = 13$  мм,  $h = 2,5$  мм, имеет вид кривой *a* (рисунок 1).

Из графика следует, что максимальные напряжения возникают по периметру мембраны, т. е. в местах соединения ее с корпусом.

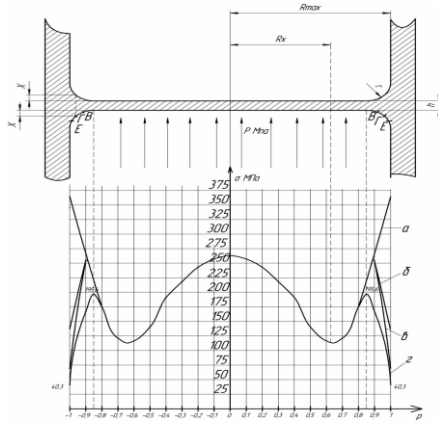


Рисунок 1 – График функции  $\sigma_{\text{ЭКВ}} = f(r)$

*a* – безрадиусное сопряжение; *б* – однорадиусное сопряжение с  $r=1,7$  мм;  
*в* – двухрадиусное сопряжение с  $r=1,7$  мм; *г* – двухрадиусное сопряжение с  $r=2,5$  мм.

Установка датчиков давления в гомогенизаторах и их эксплуатация в условиях молочного завода показала, что мембраны после определенного периода эксплуатации разрушаются именно в местах соединения с корпусом.

Для предотвращения обламывания мембраны, в предыдущей конструкции переход от мембраны к корпусу осуществлялся по радиусу  $r=1,7$ .

При этом в точках В, Г и Е (см. рисунок 1) участка радиуса сопряжения

$$\rho_B = \frac{R - 0,5r}{R} = \frac{17 - 0,5 \cdot 1,7}{17} = 0,95$$

и  $h_B = 0,15r + h = 0,15 \cdot 1,7 + 2,5 = 2,75$  мм;

$$\rho_{\Gamma} = \frac{R - 0,1r}{R} = \frac{17 - 0,1 \cdot 1,7}{17} = 0,99$$

и  $h_{\Gamma} = 0,5r + h = 0,5 \cdot 1,7 + 2,5 = 3,35$  мм;

$$\rho_E = 1 \text{ и } h_E = r + h = 1,7 + 2,5 = 4,2 \text{ мм};$$

Подставляя соответствующие значения  $\rho$  и толщины диафрагмы  $h$  в формулу (4) получаем значения эквивалентных напряжений в точках В, Г и Е

$$\sigma_{\text{экв}_B} = \pm \frac{3}{8} \frac{20 \cdot 13^2}{2,75^2} \sqrt{8,27 \cdot 0,95^4 - 6,76 \cdot 0,95^2 + 1,69} = 237 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{экв}_Г} = \pm \frac{3}{8} \frac{20 \cdot 13^2}{3,35^2} \sqrt{8,27 \cdot 0,99^4 - 6,76 \cdot 0,99^2 + 1,69} = 182 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{экв}_E} = \pm \frac{3}{8} \frac{20 \cdot 13^2}{4,2^2} \sqrt{8,27 \cdot 1^4 - 6,76 \cdot 1^2 + 1,69} = 128 \text{ МПа}.$$

На графике функции  $\sigma_{\text{экв}} = f(\rho)$  построенной по уравнению (4) при заданных постоянных значениях  $p = 20$  МПа,  $R = 13$  мм,  $h = 2,5$  мм,  $r = 1,7$  мм и переменных значениях  $\rho$ , а также  $h$  в точках В, Г, Е, кривая напряжений обозначена буквой  $b$ .

Анализ графика показывает, что эквивалентные напряжения  $\sigma_{\text{экв}}$  в месте сопряжения мембраны с корпусом не превосходят эквивалентные напряжения в центре, но тем не менее в месте начала радиуса есть зона с высоким напряжением, что в процессе эксплуатации может привести к разрушению мембраны в этой зоне.

В связи с этим была разработана конструкция датчика с двухрадиусным сопряжением мембраны с корпусом. Это позволило увеличить толщину мембраны в опасных точках. В отличие от однорадиусного сопряжения в двухрадиусном толщина мембраны в точках сопряжения увеличилась на  $X$  мм (рисунок 1). Из кривой  $b$  (рисунок 1) видно, что увеличение толщины мембраны на величину  $X$  позволило уменьшить напряжения в месте сопряжения мембраны с корпусом, но тем не менее напряжения в начале радиуса осталось прежним. В связи с этим была разработана конструкция с увеличенным радиусом сопряжения  $r = 2,5$ . График функции  $\sigma_{\text{экв}} = f(\rho)$  представлен кривой  $z$  (см. рисунок 1).

Из графика видно, что значение  $\sigma_{\text{экв}}$  в месте начала радиуса сопряжения значительно уменьшилось и опасной, с точки зрения разрушения, стала точка в центре мембраны.

УДК 621.52

Кирюхова С.А.

## ОХЛАЖДЕНИЕ ДВУХРОТОРНЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*  
*Научный руководитель: Бабук В.В.*

Двухроторные насосы (насосы типа Рутса) могут работать при давлении на входе от атмосферного до  $5 \cdot 10^{-2}$  Па. Наиболее часто их используют для поддержания рабочего давления  $10^2$ – $10^{-1}$  Па в установках с большим газоотделением.

Принцип действия:

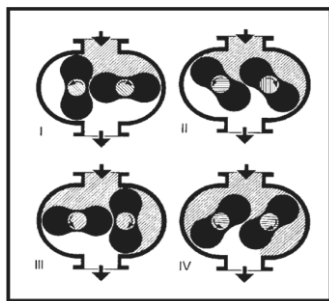


Рисунок 1 – Принцип действия двухроторного насоса

Двухроторные вакуумные насосы имеют рабочую полость, которая соединяется с окном всасывания. Откачиваемый газ заполняет рабочую полость между корпусом и двумя роторами сложного очертания и при дальнейшем вращении роторов, отсекается от окна всасывания. При совмещении с окном нагнетания происходит выравнивание давления в рабочей полости и линии нагнетания, т.е. происходит процесс внешнего сжатия.



Затем газ выталкивается роторами в полость нагнетания. Синхронизирующее вращение роторов и зазор между ними обеспечивают синхронизирующие шестерни, смонтированные на валах роторов. Так как между роторами, а также между роторами и корпусом поддерживается гарантированный зазор, в полость сжатия газа смазочный материал не подается.

С целью расширения диапазона давлений, в котором возможна непрерывная работа насоса, иногда в конструкциях применяется дополнительное охлаждение роторов. Так, в насосах больших размеров охлаждение осуществляется путем циркуляции масла через полые валы и каналы в самих лопастях роторов. В небольших насосах внутри выпускаемого патрубка может быть установлен холодильник. Пульсации давления в выпускном патрубке насоса эффективно используются для переноса тепла от роторов к холодильнику. Решение получено путем введения циркуляции охлаждаемого газа.

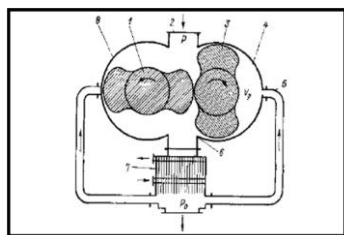


Рисунок 2 – Схема двухроторного вакуумного насоса с циркуляцией охлажденного газа

На рисунке 2 показана схема двухроторного вакуумного насоса с циркуляцией охлажденного газа. Роторы 1 и 3 вращаются в корпусе 8. На плоских сторонах овала размещены впускной 2 и выпускной 6 патрубки. К выпускному патрубку присоединен холодильник 7. В период, когда рабочее пространство 4 отделено ротором от впускного и выпускного патрубков, охлажденный в холодильнике 7 газ по боковым трубопроводам 5 подается в рабочее пространство 4, наполняя его до выпускного

давления. Таким образом, при циркуляции охлаждаемого газа тепло, выделяемое в насосе, отводится непосредственно в момент его выделения, т. е. в процессах сжатия и выхлопа газа.

Эффективность такого охлаждения настолько велика, что при соответствующей конструкции холодильника 7 и достаточном сечении боковых трубопроводов 5 насосы этого типа могут быть использованы при любых перепадах давления. Поскольку изменение скорости вращения роторов вызывает одновременное и пропорциональное изменение количества выделяемого в насосе тепла и количества циркулирующего охлаждаемого газа, то в результате температура работающего насоса не зависит от скорости вращения роторов. Точно рассчитать повышение температуры насоса достаточно трудно, так как сложно учесть радиационный и конвективный теплообмен с окружающей средой. Если же теплообменам с окружающей средой пренебречь, то можно считать, что выделяемое тепло выносится из насоса с одной стороны потоком откачиваемого газа  $I$ , а с другой потоком циркулирующего газа  $I_{ц}$ .

Если принять, что температура окружающей среды  $T$  равна температуре газа в откачиваемом объекте, температура газа на выходе из насоса равна  $T_n$ , а после холодильника  $T_x$ , то разность температур, определяющая перегрев газа в камере насоса  $\Delta T$ .

$$\Delta T = T_n - T = \frac{Q}{c_p(I+I_{ц})} - \frac{I_{ц}}{I+I_{ц}}(T - T_x).$$

Если давление предельное, когда соответственно быстрота действия насоса и поток  $I$  равны нулю, нагрев газа и нагрев насоса, определяются максимальной разностью температур

$$\Delta T_{max} = \frac{Q}{c_p I_{ц}} - (T - T_x).$$

В практике двухроторные вакуумные насосы в отдельности практически не используются, а применяются в сочетании с со-

ответствующими вспомогательными насосами для работы при вакуумных давлениях в области среднего вакуума  $10^2 \dots 10^{-1}$  Па.

УДК 547.914.2:539.612:621.793:620.179.4

Колногоров К.П.

## **ВЛИЯНИЕ НОВЫХ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ МАЛЕИНИЗИРОВАННОЙ КАНИФОЛИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИН**

*БГТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Ламоткин С.А.*

С целью обеспечения безопасности движения транспортных средств, предъявляются жесткие требования к качеству шин. В этой связи интерес представляют физико-механические свойства резин, используемых при производстве шин, а также способность крепления резины к латунированному металлокорду. Наиболее распространенным способом обеспечения прочности связи резины с металлокордом является использование специальных модифицирующих добавок.

Целью работы было изучение влияния амидосолей металлов переменной валентности и цинка малеопимаровой кислоты (МПК), полученных на основе малеинизированной канифоли на физико-механические показатели вулканизатов, а также проведение испытаний модифицирующих добавок в качестве промоторов адгезии резин.

С целью изучения влияния модифицирующих добавок на физико-механические показатели вулканизатов и проведения испытаний исследуемых добавок в качестве промоторов адгезии резин к латунированному металлокорду в качестве образцов сравнения были взяты вулканизаты, полученные при введении производственного модификатора – нафтената кобальта, взятого в тех же дозировках.

Для определения показателей прочности при растяжении и от-

носительного удлинения при разрыве, характеризующих физико-механические свойства резины, был стандартизирован метод, заключающийся в растяжении образцов с постоянной скоростью при заданной температуре до разрыва. Испытания на разрыв проводили на разрывной машине РМИ-60 по ГОСТ 270-75.

Введение исследуемых добавок по-разному влияет на физико-механические свойства полученных вулканизатов.

В таблице 1 представлены физико-механические показатели резин, полученных при введении амидосолей металлов переменной валентности и цинка на основе малеинизированной каучука в качестве модифицирующих добавок.

Таблица 1 – Физико-механические показатели исследуемых резин

Шифр резиновой смеси	Относительное удлинение при разрыве, %	Условная прочность при растяжении, МПа
Mn Амид МПК 1	860	21,7
Mn Амид МПК 2	830	19,8
Cr Амид МПК 1	815	20,5
Cr Амид МПК 2	800	19,8
Zn Амид МПК 1	810	18,7
Zn Амид МПК 2	805	16,2
Co Амид МПК 1	835	17,0
Co Амид МПК 2	850	17,6
Ni Амид МПК 1	775	17,2
Ni Амид МПК 2	770	15,4
Co Нафтенат	715	15,8

В ходе испытаний было установлено, что резина, содержащая производственный нафтенат кобальта, имеет условную прочность при растяжении 15,8 МПа и относительное удлинение при разрыве 715 %.

Из таблицы 1 видно, что показатели относительного удлинения при разрыве у всех образцов вулканизатов, содержащих исследуемые модифицирующие добавки, выше по сравнению с этим же показателем, полученным при испытании вулканизата,

содержащего производственный нафтенат кобальта. Установлено, что введение амидосолей Ni в количестве 2 мас. ч. и амидосоли Zn в количестве 2 мас. ч. позволяет получить резины со значением условной прочности при растяжении 15,4 МПа и 16,2 МПа соответственно, которое практически не отличается от значений, полученных при введении нафтената кобальта. У вулканизатов, содержащих все остальные исследуемые компоненты значение условной прочности при растяжении больше.

Увеличение дозировки амидосолей металлов переменной валентности и цинка МПК приводит к незначительному уменьшению относительного удлинения при разрыве и условной прочности при растяжении. Максимальное значение относительного удлинения при разрыве и максимальное значение условной прочности при растяжении наблюдалось у вулканизатов, содержащих амидосоль Mn в дозировке 1 мас. ч. и амидосоль Co в дозировке 2 мас. ч.

Для установления прочности связи резины с кордом используется так называемый *H*-метод. Сущность испытаний заключается в определении силы, необходимой для выдергивания кордной нити из резинового образца, имеющего форму *H*. За показатель прочности связи принимается максимальная сила *H*, фиксируемая по шкале разрывной машины в момент выдергивания нити из резинового блока. Для определения прочности связи единичной нити корда с резиной *H*-методом использовался жигулевский металлокорд. Металлокорд имеет следующие обозначение: 3Л30, где 3 – количество нитей; Л – латунированный металлокорд; 0,3 – диаметр одной нити, мм.

В таблице 2 приведены результаты испытаний влияния амидосолей металлов переменной валентности и цинка МПК на прочность связи единичной нити корда с резиной *H*-методом.

Таблица 2 – Влияние модифицирующих добавок на прочность связи единичной нити корда с резиной *H*-методом

Шифр резиновой смеси	Прочность резины с кордом, Н
Mn Амид МПК 1	189,1

Мп Амид МПК 1,5	160,7
Cr Амид МПК 1	181,3
Cr Амид МПК 1,5	177,4
Zn Амид МПК 1	156,8
Zn Амид МПК 1,5	170,5
Со Амид МПК 1	172,5
Со Амид МПК 1,5	183,3
Ni Амид МПК 1	190,1
Ni Амид МПК 1,5	174,4
Со Нафтенат 1	182,3

Из полученных результатов видно, что при введении амидосоли Мп в дозировке 1 мас. ч., Со в дозировке 1,5 мас. ч. и Ni в количестве 1 мас. ч. прочность резины с кордом больше, чем у образца с нафтенатом кобальта. Наибольшее значение прочности резины с кордом наблюдается при введении амидосоли Ni в количестве 1 мас. ч. и равно 190,1 Н.

Таким образом, в результате исследований было установлено, что физико-механические показатели резин – относительное удлинение при разрыве и условная прочность при растяжении увеличиваются при введении всех исследуемых модифицирующих добавок, за исключением амидосоли Ni в дозировке 2 мас. ч. Следует отметить, что с увеличением дозировки модифицирующих добавок относительное удлинение при разрыве и условная прочность при растяжении у вулканизатов уменьшаются незначительно. Введение амидосолей Ni и Мп в дозировке 1 мас. ч. и Со в дозировке 1,5 мас. ч. в бреккерные смеси обеспечивает наиболее прочную связь металлокорда с резиной.

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЛОСКОСТЕЙ ТОРЦОВЫМИ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ФРЕЗАМИ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Молочко В.И.*

Целью данной работы является разработка методики расчета режимов резания при обработке плоскостей торцовыми и цилиндрическими фрезами на фрезерных операциях, состоящих из ряда технологических переходов.

Существующая методика расчета режимов резания трудно воспринимается студентами, в основном, из-за непонимания ими логики принятой последовательности этапов расчета и отсутствия представлений об объеме работы в целом. Для создания таких представлений было бы весьма полезным в начале работы привести обобщенный алгоритм расчета режимов резания и дать основные опорные материалы для актуализации знаний по технологии обработки, применяемой к фрезерному инструменту и характеристиками фрезерных станков. Существуют аналитический и табличный методы расчета режимов резания, более современный метод – табличный.

Исходя из сказанного, приводится алгоритм расчета режимов резания на фрезерных станках табличным методом (рисунок 1). Количество переходов во время обработки зависит от состояния поверхности заготовки и требований, предъявляемых к готовой поверхности по параметрам ее точности.

К числу основных режимных параметров при обработке на фрезерных станках относят: глубину резания  $t$ , мм; подачу на зуб  $S_z$ , мм/зуб; минутную подачу  $S_m$ , мм/мин; скорость резания  $v$ , м/мин; частоту вращения шпинделя  $n$ , мин<sup>-1</sup>.

При назначении основных режимных параметров сначала назначают глубину резания, переходя последовательно от по-

следнего перехода к первому. Далее производится выбор конструкции фрезы и материала его режущей части на основании ГОСТ на фрезы (выборки из ГОСТ представлены в [2]). Табличное значение подачи по переходам выбирают в зависимости диаметра фрезы  $D$ , мм и глубины резания  $t$ , мм. Табличное значение скорости резания по переходам выбирают в зависимости от материала режущей части фрезы и назначенных значений глубины резания и подачи. Затем эти значения скорости и подачи умножаются на поправочные коэффициенты.

При выбранном значении скорости резания частота вращения шпинделя станка с установленной фрезой вычисляется по формуле:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}.$$

Затем по паспорту станка определяется фактическая частота вращения шпинделя  $n_{\phi}$ . Далее пересчитывается фактическая скорость  $v_{\phi}$  при принятой частоте вращения шпинделя  $n_{\phi}$ , минутная подача определяется по формуле ( $z$  – число зубьев фрезы):

$$S_{\text{м}} = S_z \cdot z \cdot n_{\phi}.$$

Мощность  $N$  рассчитывается по табличным значениям с учетом поправочных коэффициентов. Расчет основного времени выполняется по формуле:

$$t_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{\text{м.ф.}}} \cdot K_p,$$

Оценка расхода фрез за 1000 часов основного времени определяется по формуле:

$$P_{1000} = P_{1000T} \cdot \lambda \cdot \frac{T_T}{T_H},$$

где  $P_{1000}$  – табличное значение расхода фрез;  $T_T$  – стойкость, по которой рассчитывалось  $P_{1000}$ ;  $T_H$  – выбранный нормативный период стойкости.





Рисунок 1 – Обобщенный алгоритм расчета режимов резания на фрезерных станках

В справочнике [1] представлены математические модели, на основании которых могут быть произведены расчеты оптимальных значений режимных параметров для всех видов металлообработки, в том числе при обработке плоскостей фрезами. Для облегчения расчетной работы в современных общемашиностроительных нормативах даются табличные значения режимных параметров, а также значения поправочных (корректирующих) коэффициентов, учитывающих конкретные условия обработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Локтев, А.Д. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник / А.Д. Локтев, И.Ф. Гушин, В.А. Батуев. – М.: Машиностроение, 1991. – Т. 1. – 640 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 496 с.

## **ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ПОДШИПНИКОВЫХ СТАЛЕЙ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

В последнее время во всем мире широкое распространение получают исследования в области нанотехнологий. Это объясняется особым комплексом физико-химических свойств, регистрируемым в материалах с уменьшением размеров зерна структуры до значения менее 0,01 мкм. Большие перспективы применения таких материалов имеются в технологии машиностроения для многократного повышения служебных характеристик (износостойкость, жаростойкость, антифрикционность и т.д.). Однако в машиностроении основной интерес представляют наноструктурные покрытия толщиной 5..20 мкм.

В корпусе двигателя и шатуне работают вращающиеся валы, такие как коленчатый, распределительный, ось коромысла и уравнивающий вал. Подшипники скольжения служат для них опорой. Удельная нагрузка на единицу площади подшипника за последние годы значительно увеличилась, особенно это касается коренного и шатунного подшипников. Так, в дизельных двигателях с прямым впрыском удельное давление на единицу площади подшипника достигает 120 Н/мм<sup>2</sup>.

Традиционные подшипники с двойным и тройным вкладышем, с гальваническим антифрикционным слоем не выдерживают такой нагрузки. Вместе с тем, двигатели внутреннего сгорания постоянно совершенствуются, удельная мощность двигателей растет, при этом размеры уменьшаются, следовательно, и размеры подшипников также должны стать меньше. В то же время интервалы смены масла в современных конструкциях двигателей постепенно увеличиваются [1].

Современные двигатели требуют применения материалов с более высокой усталостной прочностью и износостойкостью

особенно на участках полусухого трения. В то же время необходима антикоррозионная устойчивость и при высоких температурах.

Одним из основных физических параметров материала подшипника является свойства его поверхности. Поверхностные слои, толщиной от нескольких нанометров до нескольких микрометров часто оказывают более сильное влияния на общие свойства материала или изделия, чем весь остальной материал изделия. Поверхность материала – это часть объекта, через которую он взаимодействует с окружающей средой, поэтому в науке и технологии ей сейчас уделяется самое пристальное внимание. В некоторых случаях свойства поверхности имеют приоритетное значение для изделия в целом, и добиться необходимых параметров можно лишь с применением специальных химических и физических эффектов, что способствует созданию новых технологий, веществ, новых потребительских качеств изделий [2].

Особый вид подшипников представляют собой подшипники с трехслойным вкладышем и покрытием поверхности скольжения, нанесенным не гальваническим способом, а при помощи катодного распыления, т.е. ионно-плазменного напыления. Процесс нанесения покрытия производится в глубоком вакууме. В сосуде с небольшим количеством инертного газа находится анод, катод с металлическим покрытием и подшипник с тройным вкладышем, на который будет наноситься покрытие. Между анодом и катодом подается напряжение. Электроны ускоряются в сторону анода и ионизируют при этом атомы инертного газа. Положительно заряженные атомы инертного газа ускоряются в сторону катода и выбивают атомы из металлического покрытия катода. При этом высвобождаются вторичные электроны, которые в свою очередь ионизируют атомы инертного газа. Получается смесь из свободных электронов, положительных ионов и нейтральных частей инертного газа, так называемая стационарная плазма. Выбитые из металлического покрытия катода нейтральные атомы оседают на поверхности

подшипника, образуя тонкий, но прочный слой металлического покрытия. Готовое покрытие имеет мелкозернистую, высокодисперсную структуру и отлично держится на несущей основе. За счет мелкой величины зерна полученный слой обладает значительной прочностью, высоким пределом прочности при растяжении и износостойкостью.

Нанесение защитных и декоративных покрытий с использованием вакуумных ионно-плазменных (магнетронного, конденсации с ионной бомбардировкой – КИБ) методов напыления является одним из самых современных способов обработки поверхности. Эти методы пользуются большой популярностью благодаря экологической чистоте производства и высокому качеству получаемых декоративно-защитных плёнок.

Используя вакуумные методы нанесения защитно-декоративных покрытий, можно формировать поверхностные плёнки из различных металлов и их соединений: титана, циркония, алюминия, серебра, хрома, никеля, ниобия, тантала, нержавеющей стали, нитрида титана ( $TiN_x$ ), нитрида циркония ( $ZrN_x$ ), оксида титана ( $TiO_x$ ), оксида циркония ( $ZrO_x$ ), оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ), оксикарбида титана ( $TiC_xO_y$ ), оксикарбида циркония ( $ZrC_xO_y$ ), карбонитрида титана ( $Ti_xN_yC_z$ ), карбонитрида циркония ( $Zr_xN_yC_z$ ) и т.д. [3].

По сравнению с другими методами нанесения покрытий, данный метод обладает рядом следующих преимуществ:

- получение покрытий при температуре подложки 80..100 С°;
- простая технология получения интерметаллидов, а также нитридов и карбидов стехиометрического состава;
- толщина покрытий может варьироваться от 0,01 до 20 мкм;
- равномерное нанесение покрытий на детали сложной геометрической формы;
- покрытие не нуждается в финишной обработке.

Покрытия, полученные методом ИПН, могут быть использованы для самых различных целей:

– для снижения различных видов износа, снижения или повышения коэффициента трения, повышения противозадирных свойств и исключения схватывания, в том числе при эксплуатации в условиях повышенных температур, вакуума, специальных сред и т.д.;

– для повышения коррозионной стойкости деталей в различных специальных средах, в том числе и при повышенных температурах;

– для обеспечения заданных свойств по отражению или поглощению электромагнитных волн миллиметрового, сантиметрового и других диапазонов;

– для обеспечения заданных электротехнических свойств на непроводящих материалах;

– для обеспечения заданных поглощательных, излучательных или отражательных свойств излучений оптического и инфракрасного диапазонов;

– для защиты материалов от воздействия ультрафиолетового и другого проникающего излучения;

– для замены покрытий, получаемых гальваническим и химическим осаждением, на покрытия из тех же материалов, но более высокого качества с использованием экологически чистых производств;

– для придания поверхности нужных декоративных свойств различной цветовой гаммы с обеспечением высокой прочности сцепления, стойкости к износу и коррозии;

– для придания защитно-декоративных свойств медицинским инструментам, коронкам, протезам и т.д. с имитацией цвета драгоценных металлов при существенном повышении медико-биологических свойств этих медицинских изделий;

– для получения покрытий различной цветовой гаммы и нужным уровнем светоотражения на стеклах;

– для получения покрытий других специальных назначений.

На высоконагруженных участках применяются пары подшипников, состоящие из подшипника с ионно-плазменным

напылением и традиционного подшипника с трехслойным вкладышем. Более высокую нагрузку берет на себя подшипник с ионно-плазменным напылением, более низкую – обычный подшипник. Например, в шатунном подшипнике в направлении штока устанавливается подшипник с ионно-плазменным напылением, в направлении крышки подшипника – обычный подшипник с трехслойным вкладышем. В коренном подшипнике – наоборот: в направлении крышки подшипника устанавливается подшипник с ионно-плазменным напылением, а в направлении блока цилиндров – обычный подшипник.

Причиной тому является высокая стоимость процесса нанесения ионно-плазменного покрытия. К тому же на участках, где нагрузка не так велика, такой подшипник не требуется. Вторая причина – высокая жесткость покрытия, делающая невозможным впитывание масляных загрязнений. Более мягкий традиционный подшипник с трехслойным вкладышем впитывает возможные загрязняющие частицы в свой гальванизированный слой заливки и делает их неопасными для двигателя [2].

Подшипники с ионно-плазменным напылением установлены в следующих двигателях: Audi/VW Serie TDI (1,9 / 2,0 / 2,5 / 4,0 / 5,0 l), бензиновые двигатели Audi (6,0 l (W12) / 1,8 l (225 PS)), MAN: D2865, грузовые автомобили Mercedes-Benz: BR 400, BR 500, BR 900, легковые автомобили Mercedes-Benz: CDI-Motoren BR 600, PSA Serie HDI: 1,4 / 1,6 / 2,0 .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нитрид Титана. – Режим доступа: <http://www.nitridtitana.ru>.

2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Плазменное напыление МегаМир. – Режим доступа: <http://www.plasma.megamir.ru>.

3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / НПФ «ПЛАЗМАЦЕНТР». – Режим доступа: <http://www.plasmacentre.ru>.

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Иванов И.А.*

Рассматриваются общие закономерности эрозионного испарения в вакуумной дуге однокомпонентных металлических катодов и особенности скорости роста покрытий на подложке.

I. Плазменные испарители с холодным испаряемым катодом нашли наибольшее распространение в настоящее время в промышленности. Это связано с преимуществами данных испарителей.

1. Нет особых требований к материалу анода и катода кроме электропроводности обоих электродов и немагнитность анода. Исключение могут составлять катоды из керамических сплавов.

2. Катод и анод в течении всего технологического цикла остаются интегрально холодными, что значительно упрощает конструкцию катодного узла, а это важно для обеспечения необходимого вакуума.

3. Рабочее давление  $10^{-3}$  Па, что приблизительно на два порядка ниже по сравнению с разрядом магнетронного типа.

4. Высокие степень ионизации потока и энергия генерируемых частиц, что позволяет управлять потоком на стадии его транспортировки и получать высокую адгезию покрытий к основе.

Цель работы – изучить основные закономерности формирования плазменных потоков и их осаждение в вакуумных установках нанесения покрытий с холодным испаряемым катодом.

II. Формирование плазменных потоков, содержащих в ионизированном виде атомы материала осаждаемых покрытий, происходит при дуговом разряде в вакууме ниже  $10^{-2}$  мм. рт.

ст. При этом дуговой разряд «горит» в режиме самогенерации за счет испарения одного из электродов. Эрозия катода в дуговом разряде происходит в катодных пятнах, хаотически перемещающихся по его поверхности с достаточно большой скоростью (до  $10^{-2}$  м/с). Их возникновение обусловлено необходимостью переноса больших токов (до  $10^3$  А) через поверхность холодного и практически не эмитирующего проводника. Такая возможность реализуется в катодном пятне за счёт высокой концентрации энергии (плотность тока  $j = 10^{10}..10^{11}$  А/м<sup>2</sup>) в малой (от  $10^{-6}$  до  $10^{-4}$  м) области на поверхности электрода.

III. Для катодной формы генерация в микропятнах может устанавливаться минимальное значение тока, ниже которого разряд устойчиво не горит. Критическое значение тока зависит от теплофизических характеристик материала катода и параметров электрической цепи питания. При необходимости реализации меньших скоростей генерации, допускаемых критическим значением тока, может использоваться импульсный катодный режим, в котором величина импульсного тока значительно превышает критическую, однако при этом величины усредненных по времени тока, электрической мощности и скорости эрозии могут быть как угодно малыми и регулируются в широких пределах изменением частоты следования импульсов.

IV. Метод ионно-плазменной вакуумной металлизации позволяет получать покрытия сложного состава. Одним из факторов, влияющих на функциональные свойства покрытий, является толщина осаждённого слоя. В камерах электродуговых вакуумных установок плотность потока материала расходуемого электрода неоднородна по объёму камеры.

V. Толщина титанового покрытия по мере удаления поверхности изделия от катода снижается с 5,2 до 2,0 мкм. На образцах, расположенных в центре потока на расстоянии от 200 до 400 мм. На образцах, расположенных на расстоянии



80..140 мм от оси потока осаждаемого материала, наблюдается повышение толщины покрытий от 0,4 до 0,8 мкм при увеличении расстояния от подложки до катода от 200 до 400 мм. Более резкое повышение толщины покрытия происходит на образцах, расположенных на расстоянии 20..40 мм от оси катода и 240..290 мм от катода. При этом скорость роста толщины покрытия пропорциональна скорости эрозии.

VI. В серийных установках используется вращающаяся карусель, на которой располагают изделия для нанесения покрытия. Поэтому наиболее целесообразно для сопоставления скорости осаждения покрытий В практике могут быть использованы графические методы определения характера покрытий по толщине, когда мы имеем построенную по экспериментальным данным зависимость распределения толщины покрытий секущей плоскости перпендикулярно оси катода. Применяя предложения методики и способы измерения толщины покрытий, в каждом конкретном случае представляется возможным разработать и осуществить, используя программное обеспечение, специальное устройство, способное изменять и управлять скоростью вращения карусели в вакуумной камере, что позволит равномерно наносить покрытия на поверхность изделий с достаточной и необходимой точностью.

Выводы: Формирование плазменных потоков протекает в дуговом разряде при давлении менее  $10^{-2}$  мм. рт. ст. Это требует относительно высоких токов для поддержания разряда. Плотность плазменного потока неоднородна по объему вакуумной камеры.

## РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕМЕННЫХ СРЕЗОВ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ РЕЗАНИИ

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Молочко В.И.*

При вибрационном резании движение инструмента складывается из:

- движения с постоянной подачей  $s_0$  от суппорта станка;
- колебательного движения инструмента, генерируемого от некоторого задатчика колебаний.

Вид колебательного движения зависит от выбранных параметров: коэффициента асимметрии цикла  $\xi = a/b$  (где  $a$  – угол поворота при прямом ходе резца рад.,  $b$  – угол поворота при обратном ходе резца, рад) и числа полных циклов колебаний  $z$  за один оборот заготовки. Если принять  $s_0 = 0,4$  мм/об,  $A = 0,2$  мм (амплитуда колебаний),  $a = 2\pi/3$ ,  $b = 4\pi/3$ ,  $z = 2$ , то получим график колебательного движения для варианта мягкого вибрационного резания [1].

Величина перемещения суппорта станка пропорциональна углу поворота детали и может быть выражено формулой [2]:

$$x' = S_0 \frac{\varphi_d}{2\pi} \quad (1)$$

где  $\varphi_d = \varphi / (z2\pi + b)$ .

Колебательное движение инструмента математически может быть описано уравнением [1]:

$$x'' = f(\varphi) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{8A}{a(2\pi - a)k^2} \sin \frac{ka}{2} \sin k\varphi, \quad (2)$$

где  $\varphi$  – текущий угол цикла колебаний, рад.

Суммарное движение инструмента

$$x = x' + x'' = S_0 \frac{\varphi_D}{2\pi} + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{8A}{a(2\pi - a)k^2} \sin \frac{ka}{2} \sin k\varphi, \quad (3)$$

Величина переменного среза определяется по формуле

$$\Delta x = x_2 - x_1, \quad (4)$$

где  $x_2$  – положение инструмента при повороте детали на угол  $\varphi + z2\pi + b$ , а  $x_1$  – положение инструмента при повороте детали на угол  $\varphi$ . Следовательно

$$\begin{aligned} \Delta x = & \frac{\varphi_D + 2\pi}{2\pi} S_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{8A}{a(2\pi - a)k^2} \sin \frac{ka}{2} \sin k(\varphi + z2\pi + b) - \\ & - \frac{\varphi_D}{2\pi} S_0 - \sum_{k=1}^{\infty} \frac{8A}{a(2\pi - a)k^2} \sin \frac{ka}{2} \sin k\varphi. \end{aligned} \quad (5)$$

После некоторых преобразований получим

$$\Delta x = S_0 + \frac{8A}{a(2\pi - a)} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \sin \frac{ka}{2} [\sin k(\varphi + z2\pi + b) - \sin k\varphi]$$

или

$$\Delta x = S_0 + \frac{16A}{ab} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \sin \frac{ka}{2} \sin \frac{kb}{2} \cos \left( k\varphi + \frac{kb}{2} + k\pi z \right) \quad (6)$$

Особенностью функции (6) является бесконечное количество членов. Современные металлообрабатывающие станки могут обеспечить точность подачи до 0,01..0,001 мм, что дает основание ограничиться точностью до 2-х или 3-х знаков после запятой. Чтобы определить  $k$ , обеспечивающее данную

точность, была использована программа Turbo Pascal. Было выявлено, что для обеспечения точности до 0,01 мм, можно ограничиться значением  $k=5$ , а для обеспечения точности до 0,001 мм – значением  $k=9$ . Тогда для первого случая уравнение 6 может быть записано в виде

$$\Delta x = S_0 + \frac{16A}{ab} \sum_{k=1}^5 \frac{1}{k^2} \sin \frac{ka}{2} \sin \frac{kb}{2} \cos \left( k\varphi + \frac{kb}{2} + k\pi z \right), \quad (7)$$

а для второго случая

$$\Delta x = S_0 + \frac{16A}{ab} \sum_{k=1}^9 \frac{1}{k^2} \sin \frac{ka}{2} \sin \frac{kb}{2} \cos \left( k\varphi + \frac{kb}{2} + k\pi z \right), \quad (8)$$

Используя те же параметры колебательного движения, что и ранее, то в результате расчета получим функции.  $\Delta x = f(\varphi)$ , график которого показан на рисунке 1.

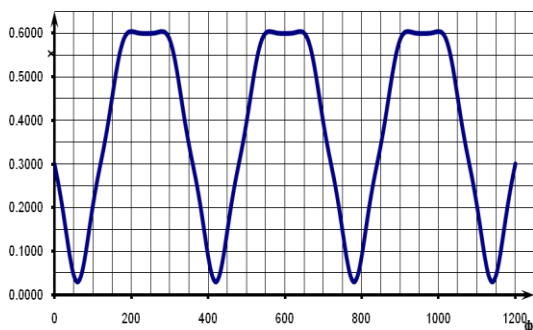


Рисунок 1 – Схема вибраторного резания

На основании проведенной работы можно сделать вывод, что формула (3) позволяет не только описать траекторию движения резца, но и получить расчетную формулу (6) для определения толщины срезаемого слоя при вибраторном ре-

зании. При этом расчетные данные близки к графическим данным, полученным из схем резания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Молочко, В.И. О влиянии структуры цикла вибрационного резания на шероховатость обработанной поверхности / В.И. Молочко // Весці нацыянальнай акадэміі і навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. 2004. – № 1. – С. 45–51.

2. Минальд, Ю.И. Компьютерное моделирование колебательного движения токарного резца при вибрационном резании на токарных станках с ЧПУ / Ю.И. Минальд // Инженерно-педагогическое образование в XXI веке: материалы V Республиканской научно-практической конф. молодых ученых и студентов БНТУ, Минск, 23, 24 апреля 2009 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: С.А. Иващенко [и др.]. – Минск: БНТУ, 2009. – С. 60–63.

**УТОЧНЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕЩЕНИЙ ЗАГОТОВКИ  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ**

*ГУО «Белорусско-Российский университет»,  
Республика Беларусь*

*Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент  
Пашкевич В.М.*

*Приведена методика проведения экспериментальных исследований смещения заготовки под действием сил закрепления при базировании по плоскости. Представлены эмпирические зависимости смещений в стыке «заготовка – опора приспособления» от сил закрепления. Приведены расчетные зависимости поправочного коэффициента, позволяющего уточнить формулы, представленные в технической литературе.*

При закреплении заготовки в приспособлении на нее действуют некоторой силой  $Q$ . В результате, в направлении действия этой силы возникают перемещения в связи с деформациями элементов приспособления, воспринимающих эту силу, а также деформациями заготовки и стыков звеньев цепи заготовка – установочные элементы – корпус приспособления. Из всех указанных перемещений наибольшую величину имеют перемещения в стыке «заготовка – установочные элементы». В справочной литературе представлены зависимости для определения смещений заготовок под действием сил закрепления, результаты которых значительно отличаются друг от друга. Отсутствие однозначности в соотношениях, представленных в технической литературе, требует их экспериментальной проверки и корректировки.

Экспериментальные исследования смещений заготовки под действием сил закрепления при ее базировании по плоскости

выполнялись на специальной установке, фотография которой приведена на рисунке 1.

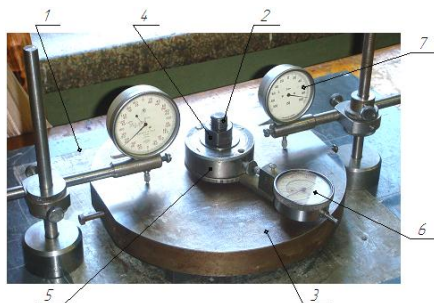


Рисунок 1 – Установка для определения смещений заготовки

Установка содержит основание 1, в котором выполнены отверстия, позволяющие устанавливать сменные опоры, и центральный винт 2, служащий для нагружения жесткой заготовки 3 различными силами закрепления при помощи вращения гайки 4. Для измерения перемещений верхней плоскости заготовки в вертикальном направлении служат индикаторы 7, закрепленные на стойках, расположенных на основании установки. Величина силы закрепления измеряется при помощи динамометра сжатия 5, снабженного индикатором 6.

При проведении эксперимента использовались две стальные заготовки, изготовленные из материала одной поставки: заготовка со средней шероховатостью базовой поверхности  $Ra=0,542$  мкм и средней твердостью 140 НВ, а также заготовка с  $Ra=0,962$  мкм и НВ=156.

В ходе исследования устанавливались зависимости величин смещений заготовок от сил закрепления  $y=f(Q)$  для различных типов опор. Использовались точечные опоры с плоской, рифленой и сферической рабочей поверхностью диаметром 12 мм, изготовленные из стали 40Х, а также опорные пластины 7034–0474 ГОСТ 4743–68, изготовленные из стали 20Х с твердостью 55...60 HRC. Твердость точечных плоских и сферических опор – 56...61 HRC. Твердость точечных рифленых опор – 41,5...46,5 HRC.

Таблица 1 – Эмпирические зависимости величин смещений заготовок

Наименование опор	Заготовка	
	с $Ra=0,542$ мкм HB=140	с $Ra=0,962$ мкм HB=156
Сферическая опора	$y = 0,013 \cdot Q^{0,911}$	$y = 0,021 \cdot Q^{0,857}$
Плоская опора	$y = 0,068 \cdot Q^{0,635}$	$y = 0,035 \cdot Q^{0,766}$
Рифленая опора	$y = 0,036 \cdot Q^{0,722}$	$y = 0,004 \cdot Q^{1,017}$
Опорные пластины	$y = 0,066 \cdot Q^{0,665}$	$y = 0,255 \cdot Q^{0,519}$

Результаты исследований смещений заготовок под действием сил закрепления были аппроксимированы степенной функцией, при этом были получены эмпирические зависимости, представленные в таблице 1.

Вычисления по полученным эмпирическим зависимостям показали, что значения смещений заготовки при ее установке на различных типах опор отличаются от значений, вычисленных по соответствующим соотношениям, представленным в технической литературе [1, 10, 13].

Следует иметь в виду, что полученные эмпирические зависимости справедливы в рамках тех условий, которые были реализованы при проведении эксперимента.

Для других условий они могут давать существенные отклонения. Поэтому целесообразно связь между расчетными  $u_p$  и экспериментальными смещениями заготовок  $u_э$  выразить соотношением  $u_э = k \cdot u_p$ , где  $k$  – поправочный коэффициент, учитывающий факторы, которые не участвуют в вычислениях смещений по расчетным зависимостям.

В таблице 2 представлены зависимости вида  $k=f(Q)$  для корректировки формул определения смещений заготовки под действием сил закрепления при ее базировании по плоскости, представленных в технической литературе [1-3].



Таблица 2 – Расчетные зависимости поправочного коэффициента

Наименование опор	Зависимости определения коэффициента $k$
Среднее значение коэффициента для формул, представленных в справочнике [1]	
Сферическая опора	$k=0,253785+0,000276Q$
Плоская опора	$k=0,546472+0,001202Q$
Рифленая опора	$k=1,257861+0,00354Q$
Опорные пластины	$k=0,935139+0,001251Q$
Среднее значение коэффициента для формул, представленных в работе [3]	
Сферическая	$k=0,169127+0,000307Q$
Плоская опора	$k=0,575807+0,000237Q$
Рифленая опора	$k=0,578616+0,001629Q$
Опорные пластины	$k=0,97358-0,000017Q$
Среднее значение коэффициента для формул, представленных в справочнике [2]	
Сферическая	$k=0,204671+0,0000552Q$
Плоская опора	$k=1,373829+0,0000285Q$
Рифленая опора	$k=0,867544+0,000966Q$
Опорные пластины	$k=2,384264-0,00083Q$

Полученные расчетные зависимости поправочного коэффициента позволяют уточнить формулы для определения смещений заготовок под действием сил закрепления, представленные в технической литературе [1, 2, 3].

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований были получены эмпирические зависимости смещений в стыке «заготовка – опора приспособления» от сил закрепления, позволяющие вести технические расчеты по упрощенной методике и сравнивать полученные значения перемещений с теоретическими. На основе этих зависимостей можно определять соответствующую погрешность закрепления заготовки в приспособлении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, А.И. Станочные приспособления: справочник в 2 т. / А.И. Астахов [и др.]; под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 592 с.
2. Борисов, В.Б. Справочник технолога-машиностроителя в 2 т. / В.Б. Борисов [и др.]; под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 1. – 656 с.
3. Микитянский, В.В. Точность приспособлений в машиностроении / В.В. Микитянский. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.

УДК 621.928.37 + 621.928.93

Мисюля Д.И., Русакович Ю.Л.

### **СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ОЧИСТКЕ ГАЗА В ЦИКЛОНАХ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент  
Кузьмин В.В.*

Циклоны являются наиболее распространенными аппаратами газоочистки, широко применяемыми для отделения пыли от газов и воздуха (в том числе и аспирационного) в самых различных отраслях промышленности: в черной и цветной металлургии, химической и нефтяной промышленности, промышленности строительных материалов, энергетике и др. [1].

Затраты энергии на очистку газа в них прямо пропорциональны их гидравлическому сопротивлению, которое существенно снижается при уменьшении крутки в выхлопном патрубке и на выходе из него. Это может быть достигнуто путем установки специальных раскручивающих устройств [2].

Циклоны типа ЦН-15, обеспечивающие достаточно высокую эффективность при умеренном гидравлическом сопротивлении, являются наиболее универсальным типом циклонов

[1], энергопотребление которых может быть снижено на 20% с помощью известных типов лопастных раскручивателей [3]. Однако по данным [4], потери энергии в выхлопной трубе достигают 25–30%. В то же время, учитывая высокую значимость проблемы снижения энергозатрат, совершенствование и внедрение устройств регенерации теряемой энергии является безусловно актуальной задачей.

Для снижения гидравлических потерь в циклонах ЦН-15 нами разработана новая конструкция лопастного раскручивателя, представленная на рис. 1, *а*. Раскручиватель, состоит из центральной цилиндрической части 1, к которой радиально прикреплены лопасти 2, нижнего 3 и верхнего 4 конических обтекателей. Профиль лопастей 2 соответствует дуге окружности с углом входа  $30^\circ$ , определяемым аэродинамикой газового потока в выхлопной трубе [3], и углом выхода  $90^\circ$ , характеризующим осевое движение газа.

Исследования проводились в соответствии со стандартной методикой [5] на циклоне ЦН-15 диаметром 0,24 м, изготовленном из оргстекла. Условная скорость газа изменялась в интервале 2–4 м/с.

Известно, что в циклонах ЦН-15 установка лопастного раскручивателя в положении, соответствующему приведенному на рис. 1, *б*, не влияет на эффективность очистки [3]. Поэтому на рис. 2 представлены для данного положения зависимости, характеризующие влияние высоты и числа лопастей раскручивателя на гидравлическое сопротивление циклона при условной скорости газа  $w = 3$  м/с.

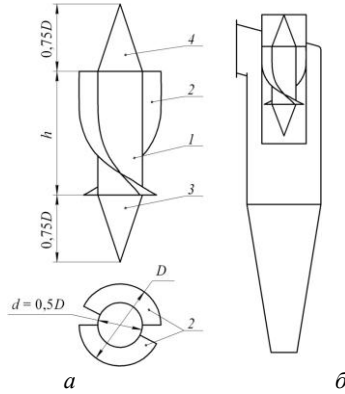


Рисунок 1 – Лопастной раскручиватель (а) и его расположение в циклоне (б):  $d$  – диаметр цилиндрической части раскручивателя,  $D$  – внутренний диаметр выхлопной трубы циклона;  $h$  – высота лопастей; 1 – центральная цилиндрическая часть; 2 – лопасти; 3, 4 – нижний и верхний конические обтекатели соответственно

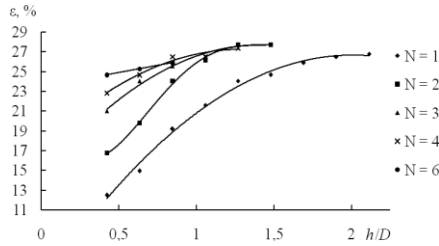


Рисунок 2 – Влияние относительной высоты лопастей  $h/D$  раскручивателя на степень снижения сопротивления циклона  $\epsilon$ , %, при различном числе лопастей  $N$

Из рисунка 2 видно, что наибольшего снижения сопротивления можно достичь путем установки двух- или трехлопастного раскручивающего устройства с высотой лопастей  $h = (1,27 \div 1,48)D$ . Немного меньшего эффекта можно добиться с помощью однолопастного устройства, однако высота лопасти при этом, как и высота цилиндрической части, увеличивается примерно на 70%, что существенно увеличивает его габариты и затраты материала на изготовление. С практической точки зрения более предпочтительным является применение раскручивателя с меньшим числом лопастей, вследствие снижения поверхности для отло-

жения пыли и опасности зарастания проходного сечения выхлопной трубы. Поэтому на наш взгляд оптимальной является конструкция двухлопастного раскручивающего устройства с высотой лопастей  $h = 1,27D$ .

Таким образом, можно сделать вывод, что применение новой конструкции лопастного раскручивателя позволяет уменьшить гидравлические потери в циклонах ЦН-15 на 25–28%, против восстановления лишь 20% энергии с помощью известных лопастных раскручивателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: справочник / А.С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. – Т. 2. – 2-е изд., перераб. и доп. – 1025 с.

2. Циклоны НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. – Ярославль, 1970. – 95 с.

3. Первов, А.А. Экспериментальное исследование аэродинамики циклонов и разработка устройств для снижения их гидравлического сопротивления: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.01 / А.А. Первов; Всесоюз. дважды ордена трудового Красного знамени теплотехнический НИИ им. Ф.Э. Дзержинского. – М., 1973. – 20 с.

4. Первов, А.А. К вопросу о потерях давления в циклоне / А.А. Первов // Сб. Промышленная очистка газов и аэродинамика пылеулавливающих аппаратов. НИИОГАЗ. – Ярославль, 1975. – С. 15–19.

5. Коузов, П.А. Очистка от пыли газов в химической промышленности / П.А. Коузов, А.Д. Мальгин, Г.М. Скрябин. – Л.: Химия, 1982. – 256 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПАНОРАМНОГО  
КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗГОТОВЛЯЕМОГО  
ПОКРЫТИЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО НАПЫЛЕНИЯ  
В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научные руководители: Федорцев В.А., Луговик А.Ю.*

Важным этапом в процессе образования многослойного оптического покрытия является контроль параметров изготавливаемого покрытия в процессе его напыления. Для этого вакуумные установки снабжаются различными комплексами контроля, например СФКТ-751В, принцип действия которого основан на фотоэлектрическом методе регистрации светового потока, пропущенного через напыляемый образец или отраженного от него. Так для контроля процесса нанесения диэлектрических покрытий в вакуумных напылительных установках применяется акустооптический спектрофотометр АОС-4S.

Основным назначением прибора является реализация высокоэффективного метода панорамного контроля характеристик изготавливаемого покрытия в процессе его напыления в реальном масштабе времени. Это достигается изменением коэффициента отражения или пропускания при высокоскоростном сканировании длины волны в заданном спектральном диапазоне. Тем самым обеспечивается получение наиболее полной текущей информации о покрытии произвольного типа на любой стадии технологического процесса.

В основе работы акустооптического спектрофотометра лежит взаимодействие света с ультразвуковой волной при её распространении в кристалле, обладающем двулучепреломлением. Кристаллический звукопровод, помещенный между двумя скрещенными поляризаторами, образует акустооптиче-

ский фильтр (АОФ). В отсутствии звука свет, линейно поляризованный входным поляризатором, проходит через звукопровод без изменения и не пропускается выходным поляризатором. Если в кристалле пропускается звук с частотой  $f$ , то свет с некоторой длиной волны  $\lambda$  меняет свою поляризацию благодаря дифракции на звуковой волне и проходит через выходной поляризатор. Связь между величинами  $f$  и  $\lambda$  определяется условием синхронизма:

$$\lambda = (v/f)dn,$$

где  $v$  – скорость звука в кристалле,  $dn$  – двулучепреломление кристалла.

Приборы на основе АОФ обладают рядом преимуществ по сравнению с классическими спектрофотометрами с дифракционной решеткой, особенно существенных для применения в напылительных установках.

Структурная схема спектрофотометра выглядит следующим образом. Монохроматор и источники света устанавливаются на вакуумной камере с помощью специальных фланцев. Блок управления и регистрации (БУР) и ПЭВМ размещаются в непосредственной близости от вакуумной установки на столе или в соответствующей стойке.

Пучок света, отраженный от «свидетеля» или прошедшего через него, попадает на монохроматор. Монохроматор является двухканальным оптоэлектронным блоком, работающим в двух спектральных диапазонах. Конструктивно он представляет собой разделенный на две полости корпус с вынесенным вперед узлом телеобъектива. В верхней части корпуса размещены элементы оптической системы и приемники излучения, в нижней – электронная лампа фотоприемного устройства.

Оптическая схема монохроматора приведена на рисунке 1. Телеобъектив, образованный линзами 1 и 2, формирует параллельный пучок. Для юстировки телескопа предусмотрена возможность изменения расстояния между линзами путем пере-

мещения линзы 2. Помещенная за ней поляризационная призма 3 служит одновременно светоделителем и входным поляризатором для АОФ обоих каналов: свет, поляризованный в вертикальной плоскости, проходит без изменения направления в «синий» канал, в горизонтальной – отклоняется и попадает в «красный» канал. Далее излучение фокусируется линзой (4 или 8) в соответствующий звукопровод (5 или 9).

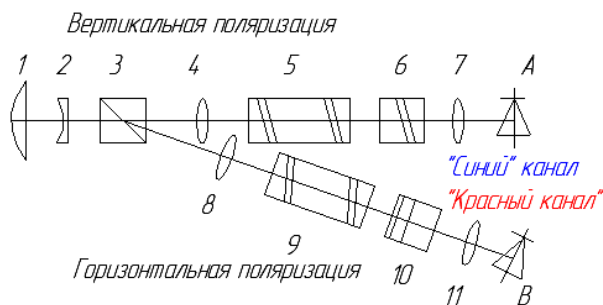


Рисунок 1 – Оптическая схема монохроматора

Часть излучения, изменившая при прохождении через кристалл свою поляризацию, пропускается входным поляризатором (6 или 10) и фокусируется линзой (7 или 11) на соответствующий фотоприемник (А или В). Сигналы с фотоприемников усиливаются и фиксируются фотоприемным устройством (ФПУ) и передаются в БУР. Возбуждение ультразвуковых колебаний осуществляется с помощью прикрепленных к звукопроводам пьезопреобразователей, к которым прикладывается высокочастотное напряжение (ВЧ-сигнал). Перестройка длины волны пропускания АОФ осуществляется изменением частоты ВЧ-сигнала.

По результатам проведенных исследований была построена кривая, связывающая частоту ВЧ-сигнала с длиной волны (рисунок 2).



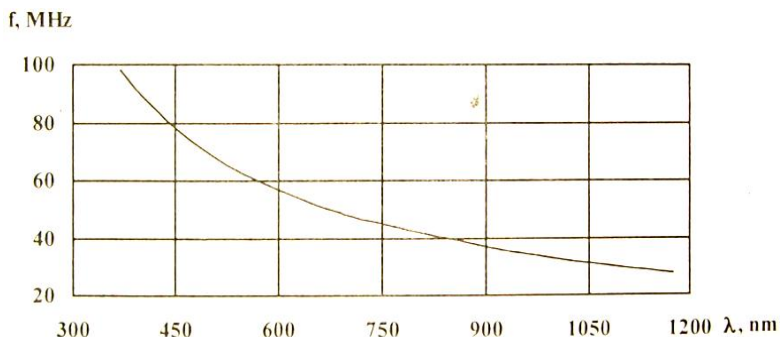


Рисунок 2 – Зависимость частоты ВЧ-сигнала от длины волны пропускания АОФ

Основными достоинствами спектрофотометра являются:

- высокоскоростное сканирование в широком спектральном диапазоне;
- высокая точность и чувствительность фотометрирования;
- абсолютная установка длины волны без предварительной калибровки.

В целом рассмотренные особенности акустооптического спектрофотометра показывают его высокую эффективность и надежность при контроле толщины напыляемого оптического покрытия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Розенберг, Г.В. Оптика тонкослойных покрытий / Г.В. Розенберг. – М.: Физматгиз, 1986. – 547с.
2. Физика тонких пленок / под ред. Хасса Г., Туна Р.Э. – М.: Мир, 1968. – Т. 3. – 331 с.

## **КОНТРОЛЬ УСИЛИЙ В СТАЛЬНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПО КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЕ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научные руководители: Мойсейчик Е.А., Василевич Ю.В.*

Известна магнитно-пластическая аналогия, основанная на взаимозависимости движения дислокаций и доменных границ в ферромагнитных сталях. Такая взаимосвязь подтверждается многочисленными исследованиями. В качестве информативных магнитных параметров в окрестности точки контроля механического усилия, чувствительных к изменению состояния структурных составляющих при деформировании материала, наиболее часто используются коэрцитивная сила, эффект Баркгаузена и другие характеристики. Выделенные магнитные характеристики взаимосвязаны с целой гаммой физико-химических и структурных свойств материала (характеристики деформированного состояния материала, предел текучести, предел прочности, твердость, химический состав, наличие термообработки, наличие закаленного и других слоев и др.). В элементах конструкций из стали, как правило, действительное напряженное состояние весьма сложное и определяется особенностями производства стального проката и его последующего передела в процессе изготовления конструкции. В зависимости от происхождения напряжения в окрестности точки контроля разделяют на четыре вида: основные (от расчетных нагрузок и воздействий), дополнительные (от неучтенных в расчетной модели факторов), местные (от местных нагрузок и воздействий, изменений формы элемента и т.д. искажающих форму основного силового потока) и начальные (внутренне уравновешенные от действия сварки, иных местных тепловых и других источников, технологических воздействий). Кроме этого современные стальные конструкции

рассчитываются не только на упругую стадию работы материала, но и с учетом развития пластических деформаций.

Изложенное показывает, что при восстановлении напряженно-деформированного состояния в окрестности точки контроля по данным измерений конкретной магнитной характеристики очень важно представлять какой вид напряжений исследуется и опираться на достоверные зависимости между напряженно-деформированным состоянием (НДС) и измеряемой магнитной характеристикой. При современном уровне знаний зависимости между характеристиками (НДС и магнитными) являются корреляционными и базируются на экспериментальных данных. Такие корреляционные (градуировочные) зависимости получают чаще всего на небольших образцах, НДС которых существенно отличаются от происхождения и распределения напряжений и деформаций в элементах реальных конструкций. Поэтому при использовании корреляционных зависимостей, полученных на небольших образцах, магнитные характеристики, измеряемые при неразрушающем контроле, могут рассматриваться лишь как индикаторные параметры НДС в исследуемой точке.

В работе ставится задача экспериментально исследовать зависимость коэрцитивной силы от действующих усилий при простейших видах напряженно-деформированного состояния на крупноразмерных образцах стального проката и на натуральных изделиях из малоуглеродистых сталей.

Испытания проводили на образцах из листовой малоуглеродистой стали СтЗсп, арматурной стали (арматура S400). Нагружение образцов производилось растягивающим усилием до их разрушения на машине

Р-100. В составе стержневой конструкции посредством испытательного стенда (рисунок 1) создавались в элементах растягивающие (в тяжах) и сжимающие (в распорке) усилия. Нагружение стержневой конструкции в испытательном стенде производилось в пределах упругой работы материала гидравлическим домкратом с контролем создаваемого усилия в диапазоне

0...1000 кН по манометру. Нагружение в обоих случаях велось ступенчато.

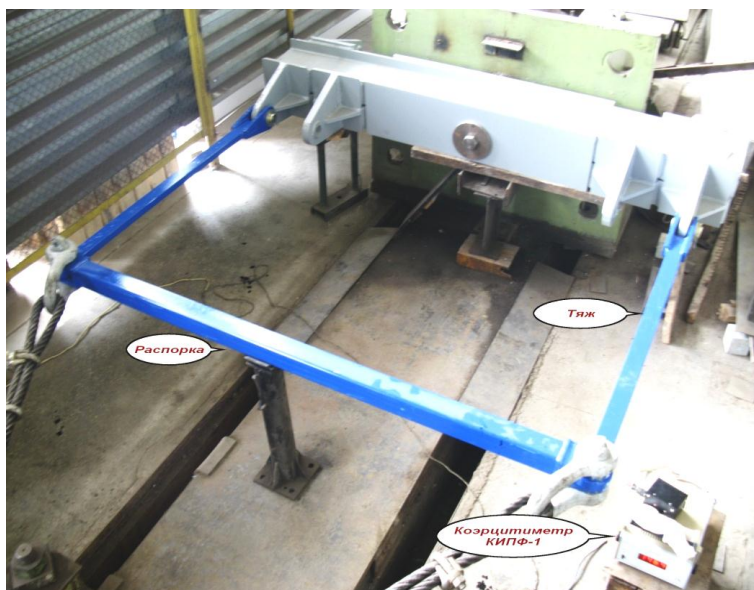


Рисунок 1 – Вид стержневой конструкции в составе испытательного стенда

Для измерения  $H_c$  применялся коэрцитиметр КИПФ-1 конструкции Института прикладной физики НАН Беларуси с преобразователем, представляющем приставной электромагнит для намагничивания исследуемого участка и феррозонд для преобразования магнитного потока в цепи «электромагнит-контролируемый участок» в электрический сигнал.

Диапазон измерения коэрцитивной силы  $H_c$  составляет 100...900 А/м, относительная погрешность – не более 5%. В образцах преобразователь направлялся при измерениях вдоль действующего усилия, а в тяже и распорке – в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

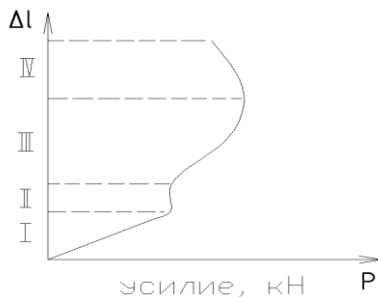


Рисунок 2 – Зависимость относительного удлинения от приложенного усилия

Данные испытаний приведены на рисунках 3, 4.

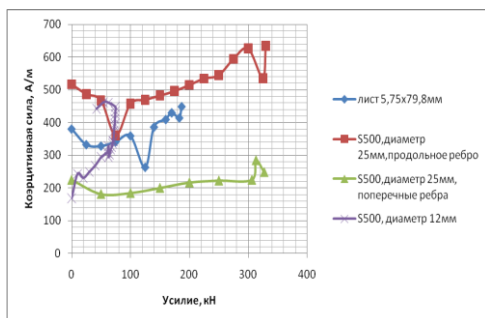


Рисунок 3 – Зависимость коэрцитивной силы от величины растягивающей нагрузки в образцах из листового металл и арматуры S500

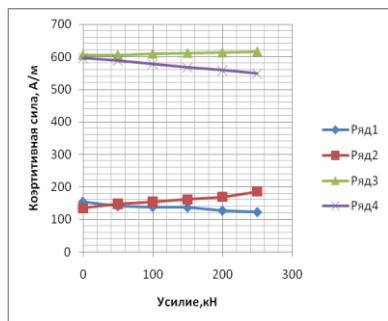


Рисунок 4 – Зависимость коэрцитивной силы от величины нагрузки:  
 1 – в тяже в направлении усилия; 2 – в тяже поперек усилия; 3 – в распорке вдоль усилия; 4 – в распорке поперек усилия

Полученные данные показывают, что изменение величины коэрцитивной силы в материале образцов и элементов конструкций зависит от стадии работы материала и вида усилия. Эту зависимость в упругой стадии можно рассматривать как прямолинейную, убывающую при растяжении и возрастающую при сжатии.

В стадии самоупрочнения материала образцов зависимость может также рассматриваться как прямолинейная, возрастающая при растяжении образца. На стадиях образования в растягиваемых образцах площадки текучести и шейки на кривых образуются скачкообразные изменения величины коэрцитивной силы. Можно предположить, что эти изменения обусловлены изменением ориентации доменов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акулов, Н.С. Дислокации и пластичность / Н.С. Акулов. – Минск: Издательство академии наук БССР. – 1961. – С. 110.
2. Мельгуй, М.А. Магнитный контроль механических свойств сталей / М.А. Мельгуй. – Минск: Наука и техника, 1980. – 184 с.
3. Михеев, М.Н. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля / М.Н. Михеев, Э.С. Горкунов. – М.: Наука, 1993. – 250 с.
4. Бакиров, М.Б. Разработка методики натурального безобразцового контроля механических свойств стали корпусов водородных энергетических реакторов (ВВЭР) с использованием магнитных методов / М.Б. Бакиров, Н.Ю. Забрусков // Заводская лаборатория. 2000. – № 11. – С. 35–44.
5. Неразрушающие испытания. Справочник. Кн.2; / п.р. Р. Мак-Мейстера. – М.-Л.: Энергия, 1965. – 492 с.
6. Венгринович, В.Л. Магнитошумовая структуроскопия / В.Л. Венгринович. – Минск: Наука и техника, 1991. – 285 с.

## **СФЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ, ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Орлова Е.П.*

После пуска крупнейшего в Европе Казанского трубного завода, полимерные трубопроводы быстро превратились из опытно-экспериментальных объектов строительства в популярные, а затем и рутинные. В последние годы построено много новых трубных заводов, объем применения полиэтиленовых труб постоянно растет, расширяется география объектов и сфера применения полимерных труб.

Достоинства трубопровода:

1) Позволяет существенно уменьшить аварийность, опасность загрязнения питьевой воды и, кроме того, значительно облегчает монтаж и позволяет использовать бестраншейные технологии.

2) Одним из интереснейших применений полимерных труб является строительство подводных трубопроводов. В отличие от работы с металлическими трубами, в данном случае весь комплекс монтажных работ проводится на берегу, что несравнимо облегчает и удешевляет строительство. Затем производится постепенное затопление уже готового трубопровода, снабженного балластными грузами.

3) Гибкость полиэтиленовых труб и надежность соединений делают полиэтиленовые трубопроводы незаменимыми в сейсмически активных областях и в местах, где возможны подвижки почвы.

4) Отходов при монтаже или сварке полиэтиленовых труб практически не бывает. Скорость этих операций в сравнении с металлическими трубами выше в 2..4 раза.

5) Главное преимущество таких труб – дешевизна: они примерно на 30% дешевле оцинкованных стальных того же диаметра.

6) По динамическим характеристикам полиэтиленовые трубопроводы значительно превосходят трубы из других материалов: коэффициент их шероховатости в 7 раз ниже, чем у стальных, и в 23 раза ниже, чем у новых чугунных, и, к тому же, не меняется в течение всего срока эксплуатации.

Стальные трубы используются для придания прочности, ведь они способны выдержать огромные нагрузки.

Применение ингибиторов коррозии тоже не обеспечивают значительного увеличения срока службы трубопроводов и оборудования, равно как и применение стальных труб с повышенной коррозионной стойкостью. Стеклопластиковые трубы пока применяются в небольших объемах, к тому же их долговечность определяется сроком в 15..20 лет. Таким образом, применяемые в настоящее время технологии защиты от коррозии не обеспечивают необходимой долговечности трубопроводов.

В тоже время проведенные всесторонние исследования и накопленный производственный опыт показывают, что применение силикатно-эмалевых композиций для защиты от коррозии внутренней и наружной поверхности стальных труб, соединительных деталей (отводов, переходов, тройников) для трубопроводов различного назначения обеспечивает высокую химическую, коррозионную и термическую стойкость. К тому же эмалевые покрытия износоустойчивы, на стенках труб не откладывается парафин и соли, что позволяет не снижать производительность трубопроводов.

Эмали подбираются в зависимости от агрессивности транспортируемых сред, наличия в них кислот, щелочей, солей. Толщина покрытия 300..500 микрон.

Для формирования структуры силикатно-эмалевых покрытий используется индукционный обжиг, который обеспечивает



весьма высокую адгезивную прочность покрытия с поверхностью металла. Эмаль защищает трубы при температурах от минус 50°C до плюс 350°C и служит более 50 лет. При использовании внутреннего эмалевого покрытия гидравлическое сопротивление и потери давления по сравнению с трубой без покрытия уменьшаются в 1,5 раза. Это позволяет уменьшать диаметр трубопроводов и снижать металлоемкость в 1,2 раза.

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ) – это особенный по своим свойствам материал, сочетающий в себе коррозионную стойкость чугуна и высокие механические свойства, равные свойствам стали Ст. 55 (прочность), или близкие к таковым (пластичность, ударная вязкость). Эти уникальные свойства получены в результате модификации жидкого чугуна магнием и дополнительными присадками.

Большой внутренний проходной диаметр труб ВЧШГ по сравнению с полиэтиленовыми трубами (при одинаковом условном диаметре) позволяет значительно снизить затраты на перекачку транспортируемой жидкости вследствие экономии электроэнергии. При равном условном проходе труб ВЧШГ и полиэтиленовых труб площадь проходного сечения труб ВЧШГ с внутренним ЦПП превышает площадь проходного сечения полиэтиленовых труб на 23..40 % в диапазоне диаметров Ду 100..300 мм соответственно.

Значительно меньшую аварийность по сравнению с трубопроводами из стальных и чугунных труб (из серого чугуна), но наименьшей аварийностью располагают все же трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

Многочисленные испытания позволили сделать вывод что:

1) Трубы из высокопрочного чугуна наряду с расчетными допустимыми нагрузками имеют достаточный резерв надежности, что идеально подходит для сложных условий прокладки трубопроводов.

2) Трубы из ВЧШГ могут укладываться непосредственно в грунт на глубину до 8..10 м.

3) Трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом обладают также низкой чувствительностью к надразам и поверхностным дефектам, практически не снижающим конструктивную прочность труб при статическом нагружении.

4) Для чугунов не характерна почвенная коррозия при статическом нагружении, очевидна также низкая склонность ВЧШГ (по сравнению со стальными трубами) к деформационному старению коррозионная стойкость труб из ВЧШГ в 4..5 раз превышает стойкость стальных труб, локальная коррозия у этих труб полностью отсутствует. Они не подвержены электрической коррозии, поскольку их электрическое сопротивление в 3,6..4,8 раза больше чем у стальных труб, а стыки уплотнены резиновыми манжетами обеспечивает сохранение качества транспортируемой по трубам из ВЧШГ питьевой воды согласно отсутствию зарастания внутритрубного пространства благодаря внутреннему цементно-песчаному покрытию труб.

5) Возможностью отклонения трубы в собранном раструбном соединении до 50, т.к. оно работает как шарнирное соединение при рабочем давлении до 1,6 МПа.

6) Высокой скоростью монтажа при незначительных затратах. Простая система раструбных соединений с резиновыми манжетами и нечувствительность к сложному грунту, а также отсутствие необходимости применять электроэнергию при монтаже системы труб из ВЧШГ обеспечивают низкий уровень затрат при прокладке трубопроводов.

7) Монтаж системы трубопроводов из ВЧШГ не зависит от погодных условий.

8) Минимальная аварийность системы трубопроводов из высокопрочного чугуна.

Методы исследования трубопроводов.

Новым методом определения технического состояния является бесконтактный магнитометрический метод, основанный на выявлении местоположения дефектов металла за счет регистрации изменения магнитной проницаемости трубопровода при из-

менении напряжений под действием механических нагрузок или структурных изменений металла (деформация трубы, внутренняя и наружная коррозия, провисы, оползневые нагрузки и т.п.). Аналогичный принцип лежит в основе выявления дефектов по регистрации полей (насыщения) при работе контактного магнитного внутритрубного снаряда-дефектоскопа. Эффективность выявления дефектов металла при этом сопоставима с аналогичным показателем внутритрубной дефектоскопии и составляет не менее 70%.

Диагностику осуществляют в режиме реального времени с использованием электронного магнитометра с оригинальным программным обеспечением разработки. Глубину тиснения определяют с помощью индикатора часового типа по ГОСТ 577. Стойкость к быстрому распространению трещин определяют маломасштабным и полномасштабным методами.

УДК 621.0

Недень И.А.

## **МЕТОДИКА РАСЧЁТА СТАТИСТИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ STATISTICA**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Иванов И.А.*

Цель работы: изучение порядка работы в системе STATISTICA при анализе статистических данных.

Математическая статистика является мощнейшим инструментом решения исследовательских задач. Важной областью применения статистических методов является современное высокотехнологичное производство. Обычно любая машина или станок, используемые на производстве, позволяет операторам производить настройки, чтобы воздействовать на качество производимого продукта. Изменяя настройки, инженер стремится добиться максимального эффекта, а также выяснить, какие факторы играют наиболее важную роль в улучше-

нии качества продукции. Использование этой информации позволяет достигнуть оптимального качества в условиях данного производства.

В настоящее время разработано большое число пакетов прикладных программ, позволяющих эффективно использовать аппарат математической статистики при анализе сложных явлений, не поддающихся простому математическому описанию. Среди этих пакетов прикладных программ система STATISTICA, производимая фирмой StatSoft Inc. (США), является несомненным лидером.

STATISTICA – это интегрированная система анализа и управления данными. STATISTICA – это инструмент разработки пользовательских приложений в бизнесе, экономике, финансах, промышленности, медицине, страховании и других областях. STATISTICA легка в освоении и использовании.

STATISTICA предлагает широкий набор методов для разведочного анализа. Программа вычисляет практически все используемые описательные статистики общего характера: медиану, моду, квартили, заданные пользователем процентиля, среднее значение и стандартное отклонение, квартильный размах, доверительные интервалы для среднего, асимметрию и эксцесс (и их стандартные ошибки), гармоническое и геометрическое среднее, а также многие специальные описательные статистики. Как и во всех других модулях системы STATISTICA, в разведочном анализе данных доступны разнообразные графики и диаграммы, в т.ч. различные виды диаграмм размаха и гистограмм, гистограммы двумерных распределений (трехмерные и категоризованные), двух- и трехмерные диаграммы рассеяния с помеченными подмножествами данных, нормальные и полунормальные вероятностные графики и графики с исключенным трендом, *K-K* и *B-B* графики и т.д. Имеется набор критериев для подгонки нормального распределения к данным (критерии Колмогорова-Смирнова, Лилиефорса и Шапиро-Уилкса).

Система STATISTICA обладает очень большими возможностями, но целью моей работы является следующее: изложить методику расчета описательных статистик. В результате обработки исходных данных при помощи той или иной статистической процедуры на выходе пользователь получает совокупность численной, текстовой и графической информации, которая содержит в себе результаты анализа. Наличие развитого инструментария для удобного вывода, структурирования и представления этой информации является важной составной частью комплексной системы статистической обработки.

Статистический анализ данных в системе STATISTICA состоит из следующих основных этапов:

1) Ввод данных в электронную таблицу исходных данных и их предварительное преобразование (построение необходимых выборок, ранжирование и т.д.).

2) Визуализация данных с помощью одного из типов графиков.

3) Применение конкретной процедуры статистической обработки.

4) Вывод результатов анализов в виде графиков и электронных таблиц с численной и текстовой информацией.

5) Подготовка отчета.

6) Если требуется, можно вывести на печать.

В результате имеем, что система STATISTICA работает с четырьмя различными типами документов. Это:

- Электронная таблица Spreadsheet, предназначенная для ввода исходных данных и их преобразования.

- Электронная таблица Scrollsheet для вывода численных и текстовых результатов анализа.

- График – документ в специальном графическом формате для визуализации и графического представления численной информации.

- Отчёт – документ в формате RTF (расширенный текстовый формат) для вывода текстовой и графической информации.

Вывод: рассмотрев методику анализа статистических данных в системе STATISTICA, можно с уверенностью сказать, что она является несомненным лидером. Во-первых, она легка в освоении и использовании. Во-вторых, STATISTICA может работать в режиме как одного приложения, так и нескольких, что очень удобно для работы. В-третьих, STATISTICA обладает очень большими возможностями, которые я изложила выше.

УДК 671.768.3

Нычко В.Ю.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ВАКУУМНЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ И ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Асташинский В.М.*

Физическая основа вакуумных ионно-плазменных технологий заключается в энергетическом воздействии заряженных частиц на материал мишени в вакууме и/или переносе материала мишени в результате воздействия на подложку. Вакуумные ионно-плазменные технологии позволяют проводить химико-термическую обработку поверхности (например, ионное азотирование, хромирование и др.). Этот процесс заключается в насыщении обрабатываемой поверхности легируемым веществом. Одним из основных достоинств этого метода является глубокое проникновение внедряемого элемента в приповерхностный слой, что не вызывает коробления детали и разупрочнение основного материала [1-4].

В настоящее время достаточно широкое распространение в технологиях нанесения тонкопленочных покрытий получили

магнетронные распылительные системы [1, 2]. В последние 10-15 лет разработан целый ряд модификаций магнетронов, имеющих очень привлекательные особенности. В первую очередь среди таких модификаций нужно отметить магнетроны с вращающейся цилиндрической мишенью, несбалансированные магнетронные распылительные системы. Каждая из этих модификаций позволяет решить целый ряд задач, которые не под силу традиционным плоским магнетронным распылительным системам.

Принцип действия всех магнетронов основан на скрещении магнитного и электрического полей (рисунок 1). Электроны сначала ускоряются электрическим полем, затем тормозятся перпендикулярным магнитным.

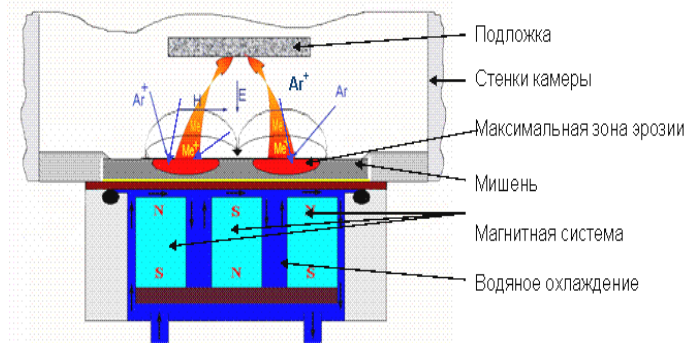


Рисунок 1 – Магнетронная распылительная система

Другим эффективным высокотехнологичным методом нанесения металлизационного покрытия на поверхности различных видов, является электродуговое напыление. Данная технология позволяет получать широкий спектр износостойких, коррозионностойких, жаростойких, электропроводящих и декоративных покрытий, защищающих металлические изделия и продлевающих срок их эксплуатации [3, 4].

Этот метод заключается в испарении металла или сплава в вакууме и конденсации его паров на поверхности пластины (подложки). Качество и прочность пленок в большей степени

зависят от чистоты подложки. Поэтому поверхность подложки предварительно полируется и тщательно очищается.

Рассмотренный метод позволяет получать пленки разной толщины. Она регулируется изменением скорости или времени конденсации. На процесс формирования пленок оказывают влияние несколько факторов, наиболее существенным, из которых является температура подложки. В зависимости от этой температуры могут реализоваться различные механизмы конденсации, которые в большой степени определяют структурное состояние и магнитные свойства пленок.

В лаборатории физики плазменных ускорителей (ЛФПУ) Института физики НАН Беларуси проводятся экспериментальные исследования, направленные на изучение физических процессов, протекающих при воздействии высокоэнергетических компрессионных плазменных потоков, генерируемых квазистационарными плазменными ускорителями нового поколения, на различные материалы и приводящих к эффективной модификации их поверхностных свойств [5-8].

В плазменных ускорителях подводимая к разрядному устройству энергия идет на увеличение кинетической энергии образующегося плазменного потока, т.е. направленной скорости частиц плазмы.

Под ускорением плазменных образований понимают ускорение ионов при сохранении квазинейтральности плазмы. Электроны, благодаря малой массе, уже при комнатной температуре ( $\sim 300$  К) имеют скорость, большую чем 100 км/с, поэтому получение достаточно высокоэнергетических электронных потоков не вызывает существенных трудностей. В тоже время получение потока ионов даже самого легкого газа (водорода), обладающего такой же скоростью ( $\sim 100$  км/с), требует энергии ионов  $\sim 50$  эВ, что соответствует эффективной температуре  $\sim 580000$  К.

Экспериментальный стенд (рисунок 2) для исследований квазистационарного плазменного ускорителя типа магнитоплазменный компрессор состоит из вакуумного блока, включающего



камеру с системами откачки и напуска рабочего газа (водорода), энергетического блока, контрольно-измерительного блока, управляющего всеми узлами стенда и синхронизацией между ними, а также диагностического комплекса. Вакуумная камера образована двумя отсеками (диагностическим, с размерами 25×25×50 см, и пролетным, диаметром 30 см и длиной 100 см), составляющими единый объем длиной 150 см, в прямоугольном торце которого установлено разрядное устройство МПК.

Система подачи рабочего газа включает в себя балластный отсек, что позволяет использовать в качестве рабочего вещества любые газы, а также смешивать их в любом соотношении.

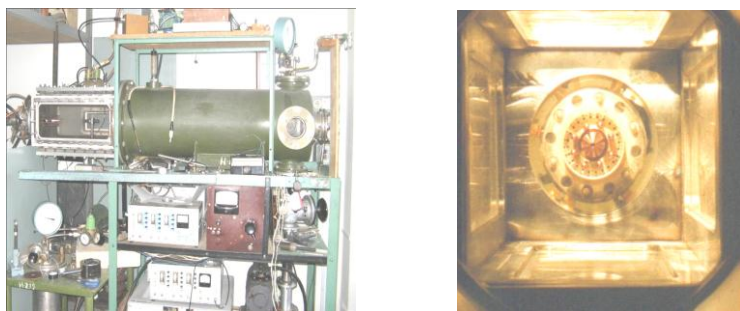


Рисунок 2 – Общий вид экспериментального стенда

Проведенные в ЛФПУ исследования позволили предложить новое научное направление – поверхностная плазменная металлургия, в рамках которого разрабатываются методы эффективной структурно-фазовой модификации поверхностных свойств различных материалов при воздействии на них высокоэнергетическими компрессионными плазменными потоками, нагруженными специально вводимыми в плазму мелкодисперсными упрочняющими частицами (молибден, вольфрам, титан, цирконий и др.) [5-7].

Такое воздействие приводит к глубокому (15..100 мкм) плавлению поверхностного слоя материала, жидкофазному перемешиванию в расплавленном слое легирующих элементов с подложкой и одновременному синтезу новых

упрочняющих соединений (интерметаллидов, нитридов, карбидов и их твердых растворов).

Такой энерго- и ресурсосберегающий подход, недоступный для других методов обработки, позволяет существенно улучшать эксплуатационные характеристики материалов, широко используемых в промышленности.

Впервые на поверхности полупроводниковых пластин синтезированы под воздействием компрессионных плазменных потоков объемные субмикронные и наноразмерные поверхностные структуры и образования, наноструктурированные металлические, диэлектрические и металл-углеродные покрытия и тонкие пленки.

Полученные многокомпонентные кремний-металлические объемные структуры на полупроводниковых пластинах открывают принципиально новые подходы к разработке элементной базы следующего поколения для микро- и оптоэлектроники (интегральные микросхемы, элементы памяти, устройств обработки и отображения информации и др.) [8].

Таким образом, проведенные исследования, основывающиеся на уникальных свойствах компрессионных плазменных потоков, генерируемых работающими в режиме ионного токопереноса квазистационарными плазменными ускорителями, в которых реализуется ионно-дрейфовое ускорение токонесущей замагниченной плазмы, позволили установить основные физические факторы, обеспечивающие эффективную модификацию поверхностных свойств различных материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дороднов, А.М. О физических принципах и типах вакуумных технологических плазменных устройств / А.М. Дороднов, В.А. Петросов // Журнал технической физики. – 1981.
2. Юрьев, О.Б. Ионно-плазменное напыление: опыт западноевропейских фирм / О.Б. Юрьев. – Машиностроитель, 1987. – № 1.

3. Ройх, И.Л. Нанесение защитных покрытий в вакууме / И.Л. Ройх, Л.Н. Колтунова, С.Н. Федосов. – М.: Машиностроение, 1976.

4. Костржицкий, А.И. Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме / А.И. Костржицкий, В.Ф. Карпов, М.П. Кабанченко, О.Н. Соловьёва // М.: Машиностроение, 1991.

5. Astashynski, V.M. Materials surface modification using quasi-stationary plasma accelerators / V.M. Astashynski, S.I. Ananin, V.V. Askerko, E.A. Kostyukevich, A.M. Kuzmitski, V.V. Uglov, V.M. Anishchik, V.V. Astashynski, N.T. Kvasov, L.A. Danilyuk // Surface and Coating Technology. – 2004. – Vol. 180-181C. – P. 392-395.

6. Astashynski, V.M. Modification of coating-substrate systems under the action of compression plasma flow / V.M. Astashynski, I.G. Gimro, A.M. Kuzmitski, E.A. Kostyukevich, A.V. Kovyazo, A.A. Mishchuk, V.V. Uglov, V.M. Anishchik, N.N. Cherenda, E.K. Stalmashonak // Problems of Atomic Science and Technology. Series: Plasma Physics (11). 2005, № 2. – P. 217–219.

7. Astashynski, V.M. Comprehensive modification of semiconductors and metals providing new structural features of surface layers subjected to compression plasma flows / V.M. Astashynski, S.I. Ananin, E.A. Kostyukevich, A.M. Kuzmitski, V.V. Uglov, V.M. Anishchik, N.N. Cherenda, A.K. Stalmashonak, Yu. V. Sveshnikov, N.T. Kvasov, A.L. Danilyuk and A.V. Punko. // High Temperature Material Processes. – 2007. – V. 11, № 4. – P. 536–548.

8. Astashynski, V.M. Deposition of nanostructured metal coatings on modified silicon surfaces in magnetoplasma compressor / V.M. Astashynski, S.I. Ananin, V.V. Askerko, E.A. Kostyukevich, A.M. Kuzmitski, V.V. Uglov, N.N. Cherenda, V.M. Anishchik, Y.V. Sveshnikov, V.V. Astashynski, N.T. Kvasov, A.L. Danilyuk, A.V. Punko, Y. Pauleau // Vacuum. – 2005. V. 78, issue 2–4. – P. 157–160.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Дробыш А.А.*

Республика Беларусь имеет значительные запасы различного керамического сырья, имеющего широкие перспективы использования, как в промышленности, так и в быту. Наиболее активно такое сырье используется в строительстве, в первую очередь ввиду своей относительной дешевизны и комплекса характеристик и свойств. Вместе с этим комплекс свойств делает керамическое сырье весьма привлекательным для использования в других областях промышленности, а так же в быту.

В настоящее время все большее значение приобретают системы очистки воздуха и воды от примесей, это обусловлено загрязнением окружающей среды. Номенклатура таких систем весьма широка. Однако наибольшее распространение получили системы механической очистки посредством фильтрования очищаемых сред через простые проницаемые материалы (ППМ).

Керамическое сырье получает все большее распространение в производстве ППМ. Так известны технологии получения ППМ на основе алюмосиликатного (отходы производства посуды) и силикатного (кварцевый песок) сырья. Эти технологии внедрены в опытное производство, а получаемые пористые проницаемые изделия достаточно успешно используются на производстве и в быту.

Кроме указанного сырья Республика Беларусь обладает существенными запасами гранита – кислой магматической интрузивной горной породы, богатой кремнезёмом и состоящей из калиевого полевого шпата (ортоклаза, микроклина),

кислого плагиоклаза (альбита, олигоклаза), кварца, а также слюды (биотита или мусковита), амфибола и редко пироксена.

В Республике Беларусь производством гранита занимается УПП «Гранит» (г. Микашевичи). Исследования показали, что эффузивные магматические породы, к которым относятся дисперсные материалы УПП «Гранит» (г. Микашевичи) имеют состав, представленный в таблице 1.

Керамические пористые проницаемые материалы производятся на основе порошков. УПП «Гранит» поставляет гранит заказчикам в виде щебня в различных фракциях от 20 до 65 мм. Это предполагает необходимость его подготовки для использования в производстве ППМ, поскольку традиционно для получения ППМ используются порошки фракций <1 мм.

Переработка заключается в сушке, размоле и расसेве на фракции. Сушка выполняется в специальных сушильных шкафах, печах электрического сопротивления и реже открытым способом на воздухе. Операция размолы выполняется на разнообразных дробилках, мельницах и атриторах. Рассев на фракции осуществляется на ситах и грохотах.

Таблица 1 – Химический состав дисперсных материалов производства УПП «Гранит»

Кислые (>65%) SiO <sub>2</sub>	
окислы	%, вес.
SiO <sub>2</sub>	69,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,62
FeO	1,67
MgO	0,97
CaO	2,15
Na <sub>2</sub> O	3,28
KO	4,07
H <sub>2</sub> O	0,78
TiO <sub>2</sub>	0,39
MnO	0,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,28
Уд. вес	2,66

После проведенных технологических операций (сушка, размол и рассев на фракции) получены фракции с размером частиц < 0,063 мм, 0,1..0,16 мм, 0,2..0,315 мм и 0,63..1,0 мм. Ширина диапазона фракций вполне приемлема для получения ППМ с равномерной поровой структурой, а их количество позволяет охватить широкий диапазон размеров пор.

Таким образом, возможность использования гранита в качестве исходного порошка для получения пористых проницаемых материалов и изделий представляется весьма перспективной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров, С.М. Ресурсосберегающая технология изготовления пористых многослойных материалов из отходов фарфорового производства / С.М. Азаров [и др.] // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: Тез. докл. 6-й Междунар. научно-техн. конф., Гродно, 1-2 ноября 2005 г. / ГрГУ; редкол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2005. – С. 110–111.
2. Петюшик, Е.Е. Пористый проницаемый материал на основе оксида кремния / Е.Е. Петюшик, С.М. Азаров, А.А. Дробыш // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: Тезисы докладов 6-й Междунар. научно-техн. конф. / НИЦПР НАН Б; редкол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2005. – С. 95–96.

## **К ВОПРОСУ О РОЛИ ФРИТТОВАННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ**

*БГТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Левицкий И.А.*

*В работе изучалась возможность частичного или полного выведения цирконсодержащего компонента из состава фритты при сохранении высоких качественных показателей полужфриттованных покрытий. В ходе исследований был изучен комплекс их физико-химических свойств и декоративно-эстетических характеристик. Для изучения структурно-фазовых превращений, происходящих при формировании покрытий, проведены рентгенофазовый и электронно-микроскопический анализ. В результате исследований доказано преимущественная роль состава сырьевой композиции, что приводит к снижению температуры синтеза стекла, и тем самым сокращению топливно-энергетических ресурсов в общем процессе производства износостойких плиток для полов.*

В настоящее время для декорирования плиток для полов широкое распространение получили износостойкие глазурные покрытия, используемые в местах с высокой интенсивностью людского потока. Однако стоит отметить, что в основном они характеризуются относительно высоким содержанием фриттованной составляющей (до 80..90 %). Актуальной задачей является минимизация содержания фритт в составе сырьевой композиции при сохранении высоких физико-механических характеристик и декоративно-эстетических свойств.

Широкое распространение в производстве плиток для полов нашли глушеные глазури, отличающиеся высокими эксплуатационными характеристиками. Кроме того, они обеспечивают

формирование матовой фактуры покрытий с высокой степенью белизны. Большинство предприятий, производящих керамические плитки для полов, в качестве глушителей используют циркониевые соединения (циркобит), характеризующиеся относительно невысокой стоимостью. Кроме того, существенная разница показателей преломления стекловидной матрицы и глушителя обеспечивает необходимое светорассеивание. Существенным недостатком используемого глушителя является повышение температуры варки фритты вплоть до 1450..1550 °С.

Целью работы являлось изучение возможности частичного или полного выведения цирконсодержащего компонента из состава фритты при сохранении высоких качественных показателей полуфриттованных покрытий.

В качестве объекта исследования были выбраны 2 типа фритт: серия Р, синтезируемая в системе  $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{RO} - \text{R}_2\text{O} + (\text{ZrO}_2, \text{B}_2\text{O}_3)$ ; серия П – в системе  $\text{SiO}_2 - \text{ZrO}_2 - \text{RO} + (\text{R}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{B}_2\text{O}_3)$ . Для каждой серии фритт были разработаны по 3 состава, которые отличались содержанием цирконсодержащего компонента в составе их сырьевой композиции: 0% – составы ОР и ОП; 50% – составы 0,5Р и 0,5П; 100% – составы Р и П. В сырьевую композицию вводились: каолин КН–83, доломит марки А группы 1 класса 4, циркобит МО, цинковые белила марки А, песок кварцевый марки ОВС–020–В, полевой шпат вишневогорский, глина Гранитик–Веско, глинозем ГК–1, волластонитовый концентрат марки ВП – 1, а количество фритт составляло 22,5 (серия Р) и 20 (серия П) %.

Синтез покрытий осуществлялся в условиях ОАО «Керамин» с использованием в качестве керамической основы полуфабриката плиток, высушенный до влажности не более 0,5 %. Исследуемые составы сырьевых композиций подвергались совместному мокрому помолу в шаровой мельнице до остатка на сите № 0063 не более 0,3 %. Для улучшения реологических свойств глазурной суспензии в состав композиции сверх 100 % вводили триполифосфат натрия и КМЦ. Производственная плитка перед



нанесением слоя глазури покрывалась ангобом, после чего глазурь наносили на предварительно увлажненную плитку методом полива. Затем образцы помещали в сушильный шкаф с температурой  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  и высушивали в течение 20..30 минут до остаточной влажности не более 0,5%. Плитки подвергались обжигу в газопламенной печи конвейерной линии FMS – 2500/113.4 при температуре  $(1160 \pm 10)^\circ\text{C}$ . Продолжительность обжига составляла  $(46 \pm 1)$  минут.

Для оценки качества полученных материалов изучили физико-химические и декоративно-эстетические свойства покрытий.

Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) полученных покрытий, измеренный в лабораторных условиях с помощью горизонтального кварцевого dilatометра, составил  $(68,26 - 70,40) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ . Поскольку его значение ниже ТКЛР керамической основы, глазурное покрытие находится в состоянии сжатия, что предопределяет высокую прочность сцепления в системе «глазурь – керамика».

Определение микротвердости покрытий проводили с помощью прибора Wolpert Wilson (ФРГ), в основу работы которого положен метод Виккерса. Значения микротвердости находились в пределах 7950..9560 МПа. Установлено, что по мере увеличения количества  $\text{ZrO}_2$  в составе фритты, микротвердость покрытий снижалась, что проиллюстрировано на рисунке.

Для объяснения полученных результатов использованы данные рентгенофазового анализа и установлено, что при введении цирконсодержащего компонента во фритту происходит практически полное его растворение в стекле и уменьшение выделения в виде кристаллической фазы  $\text{ZrSiO}_4$ . При введении циркобита в сырьевую композицию покрытия циркон не подвергается полному растворению и сохраняется в виде реликтовых зерен.

Синтезируемые покрытия отвечают 3 и 4-ой степени износостойкости, твердость по шкале Мооса составила 7..8.

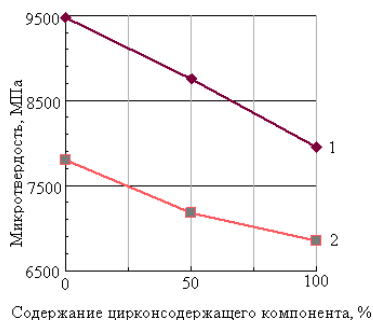


Рисунок 1 – Зависимость микротвердости покрытия от количества циркона, введенного во фритту серий Р (1) и П (2)

Глазурные покрытия являются термостойкими и обладают требуемой химической стойкостью к действию раствора № 3 в соответствии с СТБ.

Помимо высоких физико-механических показателей синтезируемые покрытия имеют высокие декоративно-эстетические характеристики. На основании электронно-микроскопического исследования опытных образцов можно сделать вывод, что кристаллы глушащей фазы равномерно распределены, имеют четкий габитус, соответствующий кристаллам  $ZrSiO_4$ . Фактура покрытий матовая, показатель блеска покрытий находится в пределах 13..20, белизна – 72..80 %.

Изучение комплекса физико-химических свойств, а также декоративно-эстетических характеристик, позволило выбрать в качестве оптимального покрытие ОР с использованием в качестве фриттованной составляющей бесциркониевую фритту серии Р. На основании полученных результатов сделан вывод о преимущественной роли состава сырьевой композиции, поскольку вводимый цирконсодержащий компонент практически не растворяется в стекломатрице, что обеспечивает необходимую степень глушения покрытий и формирование стеклокристаллической структуры. При снижении содержания фритты, с одной стороны, и уменьшения количества тугоплавкого цирконсодержащего компонента во фритте вплоть до его полного вы-

ведения, приводящее к снижению температуры синтеза стекла, с другой стороны, достигается сокращение топливно-энергетических ресурсов в общем процессе производства износостойких плиток для полов.

УДК 621.793

Прохорова Т.Ф.

## **ПРИРОДА И МИКРОТВЕРДОСТЬ ВАКУУМНЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЧУГУНАХ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Покровский А.И.*

Исследованы природа и микротвердость покрытий, нанесенных на подложку из деформированного высокопрочного чугуна магнетронным распылением графитовой мишени. Рентгеновским анализом показано, что покрытие имеет аморфную структуру, сделана попытка определения микротвердости покрытия. Результаты работы предназначены для улучшения прирабатываемости уплотнительных колец трансмиссий автомобильной техники и замены покрытий, наносимых гальваническим методом.

Одним из наиболее перспективных среди множества существующих способов увеличения физико-механических и эксплуатационных свойств чугуна является его горячая пластическая деформация. Она позволяет одновременно сформировать из заготовки изделие с минимальными припусками на механическую обработку, так и существенно улучшить механические характеристики материала. При этом наиболее значительные изменения структуры материала происходят на поверхности изделия, в очаге максимальной деформации. Изменение формы и распределения графитных включений в поверхностном слое может привести к потере антифрикционных свойств деталей из чугуна. В объеме изделия при деформации формируются уникальные

свойства, обеспечивающие высокую жесткость при сжатии, возрастание сопротивления разрушению и деформации при разрушении.

Наиболее полно преимущества, получаемые при использовании малоотходной деформационной обработки чугуна, реализуются в высоконагруженных трансмиссиях автомобильной техники при изготовлении из него уплотнительных колец. Спецификой работы триботехнической пары: «чугунное уплотнительное кольцо – стальной вал» является повышенный износ на начальной стадии работы (первые часы и десятки часов). В случае удачной приработки дальнейшая практически безысходная работа может продолжаться 5..7 тысяч часов. Однако довольно существенная часть деталей (до 30%) уже в первые часы работы подвергается повышенному износу. Для улучшения приработки используют антифрикционные покрытия, наносимые при помощи вакуумных ионно-плазменных технологий. Особый интерес в качестве антифрикционных представляют графитсодержащие аморфные покрытия.

Основные закономерности формирования антифрикционных графитсодержащих слоев на стальных подложках при вакуумно-плазменном напылении изучены достаточно хорошо. Покрытиями же на чугунах до сих пор мало занимались. Считалось, что чугун, как чисто литейный материал не представляет практического интереса с точки зрения получения качественных защитных покрытий и вопрос взаимодействия потока ионов с этим материалом не подлежал исследованию. Покрытия на чугуне, подвергнутом такому специфическому воздействию, как горячая пластическая деформация, тем более не исследованы. Исследования деформированного чугуна касались основных закономерностей формирования его структуры и свойств при горячей пластической обработке, а также условия получения переменной структуры и свойств материалов за счет возникающих градиентов деформации и параметры литейно-деформационной технологии получения уплотнительных колец, зубчатых колес и дру-

гих изделий из чугуна. Следует отметить, что структура деформированного чугуна достаточно необычная. На рисунке 1 для примера показана морфология поверхности излома поперечного сечения деформированного чугуна.

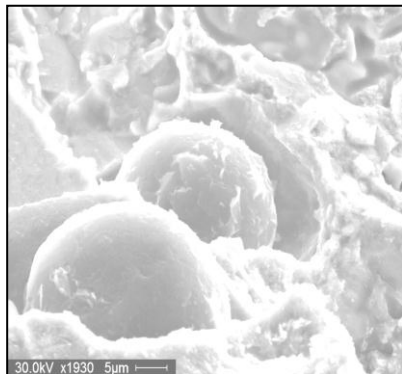


Рисунок 1 – Морфология поперечного сечения деформированного высокопрочного чугуна. Растровая электронная микроскопия поверхности излома разрывных образцов

Цель работы: разработка составов антифрикционных покрытий на уплотнительных кольцах из высокопрочного деформированного чугуна, предназначенных для трансмиссий нагруженных автомобилей, режимов нанесения покрытий, исследование их природы и характеристик.

Комплексная технология изготовления уплотнительных колец достаточно сложная, включает в себя литье, деформацию, и собственно нанесение покрытий.

На начальной стадии горячим выдавливанием получали втулки различных типоразмеров (на рисунке 2 это верхний ряд изделий), соответствующих будущим типоразмерам колец. После этого из них механической обработкой получали готовые уплотнительные кольца, на которые затем наносили покрытия. В рамках достижения поставленной общей цели в данном исследовании предстояло решить две конкретные задачи: исследовать рентгеновским фазовым анализом состав покрытия; определить его микротвердость.

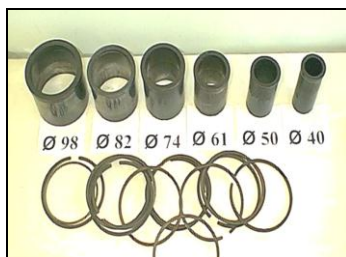


Рисунок 2 – Заготовки уплотнительных колец различных типоразмеров (от 40 до 98 мм) из деформированного чугуна и уплотнительные кольца диаметром 98 мм, на которые наносили покрытия

### Результаты исследований.

Установлено, что покрытие представляет собой углеродную пленку с неупорядоченной аморфной структурой. При съемке на рентгенограмме в интервале от  $28^\circ$  до  $40^\circ$  наблюдается гало, что указывает на аморфную структуру исследуемого покрытия.

Линия имеет ассиметричное широкое правое крыло. Съемки на скользящем пучке с углом наклона  $\alpha = 0,5^\circ$  подтвердили наличие аморфной составляющей и не показали присутствия в покрытии кристаллического графита. Типичный вид рентгеновского спектра, полученного от покрытия, нанесенного методом магнетронного распыления графитовой мишени, приведен на рисунке 3.

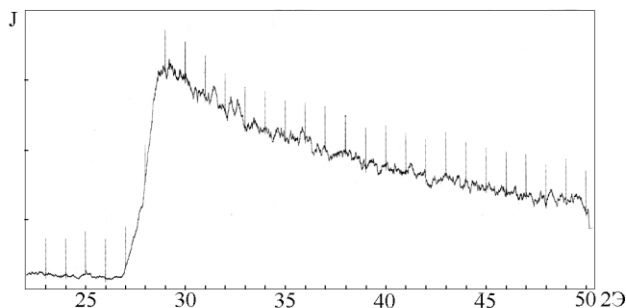


Рисунок 3 – Гало на рентгеновском спектре углеродного покрытия на образце из деформированного чугуна

Основу покрытия предположительно составляют две структуры – нанокристаллический алмаз и графит, атомы которых по-разному взаимодействуют между собой. Природа этого яв-

ления следует из электронной структуры атомов углерода. Конфигурация внешних электронных оболочек углерода  $2s^2 2p^2$ . При взаимодействии атомов углерода между собой вместо  $2s$  – орбиталей трех  $2p$  – орбиталей может образовываться набор гибридных орбиталей типа  $sp^3$  и  $sp^2$ . В первом случае образуются монокристаллы алмаза, во втором – графита.

При определении микротвердости тонких пленок на микротвердомере ПМТ-3 основной проблемой является выбор величины нагрузки, т.к. при больших нагрузках результат будет интегрироваться (микротвердость покрытия + основы) из-за «протыкания» индентором пленки. Поэтому опытным путем, постепенно уменьшая нагрузку, определяли значение микротвердости. Установлено, что микротвердость покрытий, полученная при нагрузке 100г, соответствует твердости подложки, т.к. слои настолько тонкие, что при измерении покрытие полностью продавливается индентором. С уменьшением нагрузки величина микротвердости начинает падать, что свидетельствует о все большем вовлечении твердости покрытия в интегральную твердость. Установлено, что минимальное значение микротвердости получено при нагрузке 2 г. Этому соответствует вычисленная глубина отпечатка порядка 1 мкм. Такое же значение толщины покрытия было получено при измерении оптическим методом величины ступеньки на микроинтерферометре МИИ-4.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКЕ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Шматов А.А.*

Вакуумная технология успешно реализуется в лазерной технике, которая осуществляется с помощью различных видов лазерных технологических установок, выпускаемых отечественной промышленностью. К их числу относятся лазерная установка «Комета-2» и установка «Гарпун 2000»).

Преимущества лазерной технологии перед традиционными процессами:

1. Технология универсальна. С помощью высокоэнергетического лазерного луча можно достичь результатов, которые не получишь никакими другими способами обработки: лазерную технологию используют для бездеформационного упрочнения изделий из сталей, чугунов и цветных сплавов; для высококачественной сварки заготовок и детали из легированных сталей, титановых, никелевых и алюминиевых сплавов; для восстановления и наплавки износостойких покрытий; для резки заготовок и изделий из любых материалов; для маркировки металлических и неметаллических материалов;

2. Технология высокопроизводительна и автоматизирована;

3. Технология позволяет осуществлять локальную обработку и упрочнение деталей машин и инструментов из различных материалов в труднодоступных местах;

4. Технологию осуществляют при отсутствии контакта с обрабатываемым изделием и инструментом;

5. Технология биосовместима с природой и человеком при использовании специальной защиты от высокоэнергетического воздействия.



Установки «Комета-2» и «Гарпун 2000» имеют многофункциональное назначение и применяются:

- для термического упрочнения изделий из железоуглеродистых сплавов путем их закалки (глубина закаленной зоны достигает 0.8 мм); при этом срок службы деталей и инструментов увеличивается в 3-5 раз;

- для сварки изделий из сталей и сплавов, в том числе из нержавеющей;

- для резки стальных листов и изделий толщиной до 4 мм, деревянных изделий толщиной до 10 мм и других конструкционных материалов.

Каждая установка имеет свои особенности.

Технические параметры установки «Комета-2» следующие: потребляемая мощность не более 25 кВА, мощность излучения 1 кВт, защитный газ-носитель CO<sub>2</sub>, максимальные размеры рабочего стола 1810 мм.

Технические параметры установки «Гарпун 2000» мало отличаются: Мощность излучения 2,5 кВт, быстрое и плавное регулирование мощности, защитный газ-носитель CO<sub>2</sub>, He, максимальные размеры рабочего стола 1875 мм, установка автоматизирована.

Выводы:

1. Вакуумная технология успешно реализуется в лазерной технике на установках типа «Комета-2» и «Гарпун 2000».

2. Лазерные технологии и установки перспективны, благодаря их высокой производительности, автоматизации, многофункциональности назначения, универсальности обработки любых материалов, биосовместимости с природой.

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ В ВАКУУМЕ ТОКОПРОВОДЯЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА СТЕКЛО ЗАЩИТНОЕ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научные руководители: Федорцев В.А., Луговик А.Ю.*

Токопроводящие прозрачные покрытия применяют для обогрева оптических деталей в целях устранения запотевания и обледенения, а также в качестве прозрачного электрода для снятия зарядов и отражения теплового излучения.

Эти покрытия на основе оксида индия получают на установке вакуумного напыления ВУ-1А электронно-лучевым испарением исходного материала в атмосфере кислорода на нагретую подложку из стекла К108.

Базовый технологический процесс нанесения токопроводящего покрытия состоит из следующих этапов:

1. Нанесение в вакууме токопроводящего слоя на основе оксида индия.
2. Нанесение в вакууме через маску электродов из инвара.
3. Нанесение в вакууме просветляющего покрытия.

Причем каждый этап содержит один цикл откачки вакуумной камеры. Широко используемые в настоящее время электроды из инвара имеют два существенных недостатка.

Во-первых, пленка инвара, используемая в качестве электрода, имеет электрическое сопротивление порядка 60..140 Ом, которое шунтируется после нанесения покрытия пленкой припоя при облуживании.

Во-вторых, в процессе нанесения токопроводящего покрытия на подложку, нагретую до температуры 250..300°C в атмосфере кислорода при давлении  $10^{-2}$ - $5 \cdot 10^{-1}$  Па электроды из инвара подвержены окислению. Пленка оксида обладает диэлектрическими

свойствами и вносит неконтролируемые погрешности в измерения сопротивления наносимых слоев.

Поэтому были исследованы характеристики электродов, свободных от указанных недостатков. На стеклянную подложку вакуумным испарением через маску наносился слой инвара, обладающий высокой адгезией к стеклу. Затем, в этом же технологическом цикле на слой инвара наносился слой меди, выполняющий двоякую функцию: с одной стороны, слой меди, обладающий низким электрическим сопротивлением, шунтирует слой инвара, обладающий высоким сопротивлением, с другой стороны, при указанных выше температурах подложки и давления кислорода, слой меди практически не окисляется и предохраняет от окисления инвар. Следовательно, в технологический процесс нанесения токопроводящих покрытий были внесены следующие изменения:

Во-первых, изменилась последовательность нанесения покрытий. Вначале, вакуумным испарением, через маску на подложку наносятся электроды на основе инвар-медь. После нанесения электродов камера развакууируется, маска снимается, детали устанавливаются в специальные оправки, камера откачивается и в одном цикле откачки производится нанесение токопроводящего и просветляющего покрытий, в результате чего количество циклов откачки сокращается с трех до двух, что приводит к сокращению времени нанесения токопроводящего покрытия.

Во-вторых, появилась возможность контроля электрического сопротивления непосредственно изготавливаемой детали, а не по стандартному свидетелю, что позволяет повысить процент выхода годных деталей за счет погрешности в определении и нестабильности поправочного коэффициента на соответствие размеров стандартного свидетеля и детали. Кроме того отпадает необходимость в проведении пробных процессов нанесения токопроводящих покрытий для определения поправочного коэффициента, что особенно ценно в условиях оптического произ-

водства, когда приходится иметь дело с деталями различных типоразмеров и поправочный коэффициент определяется отдельно для каждого типоразмера.

Контроль процесса напыления проводится по измерению сопротивления напыляемого слоя, для чего изготовлена специальная оснастка, отсутствующая в комплекте установки (рисунок 1).

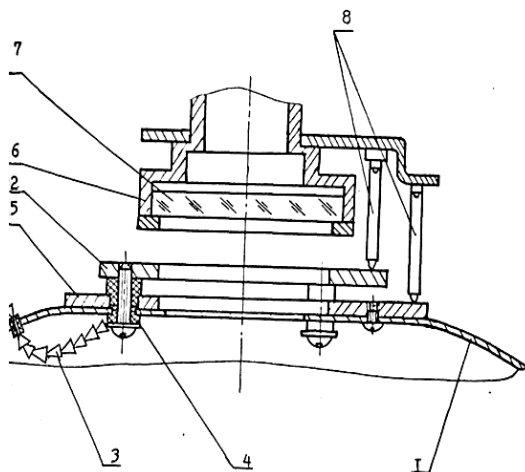


Рисунок 1 – Устройство для контроля сопротивления наносимого покрытия:  
1 – держатель подложек; 2, 5 – кольцевые токосъёмники; 3 – соединительный провод; 4 – керамические изоляторы; 6 – держатель свидетеля; 7 – свидетель; 8 – пружинные контакты

Контроль сопротивления должен производиться по одной из изготавливаемых деталей. Контроль сопротивления и фотометрический контроль толщины осаждаемых пленок должен быть непрерывен в процессе напыления.

Выбор контроля сопротивления наносимой пленки по одной из изготавливаемых деталей, а не по стандартному свидетелю обусловлен тем, что в этом случае свидетель-деталь и остальные детали из напыляемой партии обладают одинаковой массой и площадью и находятся в одних и тех же условиях по отношению к испарителю и нагревателю. Кроме того, отпадает необходимость изготовления стандартных свидете-

лей и введения поправочных коэффициентов на несоответствие размеров деталей и свидетеля, определяемых экспериментально для каждого конкретного типа деталей, что упрощает технологический процесс нанесения токопроводящих покрытий и снижает его стоимость.

При использовании данной системы контроля повышается процент выхода годных деталей. Это связано с тем, что технологические параметры, влияющие на оптические и электрические характеристики оптических покрытий, такие как: температура подложки, давление остаточных газов, давление реактивного газа-кислорода и скорость испарения контролируется с различной степенью точности. В то же время отсутствует контроль состояния исходного материала, которое зависит от сроков, условий хранения, приготовления и др. Это приводит к тому, что в случае использования стандартных свидетелей поправочный коэффициент не стабилен и от процесса к процессу может изменяться в недопустимых пределах, что приводит к появлению брака.

Контроль сопротивления оптического покрытия по изготавливаемой детали свободен от выше указанных недостатков и, таким образом, позволяет повысить процент выхода годных деталей с заданными характеристиками по сопротивлению и пропусканью.

В свою очередь, использование разработанных электродов позволило осуществить процесс нанесения токопроводящих покрытий на качественно более высоком уровне, существенно снижающем стоимость технологического процесса и повышающем производительность труда.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берлин, Е. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок / Е. Берлин, С. Двинин, Л. Сейдман. – М.: Техносфера, 2007.
2. Вакуумное нанесение тонких пленок / под общ. ред. Р.А. Нилендера. – М.: Энергия, 1967.

## УГЛЫ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ И КРУГЛЫХ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Молочко В.И.*

Фасонные призматические и круглые резцы предназначены для обработки деталей сложного профиля. Конструктивно они сложнее и дороже обычных стержневых резцов, поэтому их применение оправдано при обработке достаточно больших партий однотипных деталей.

Фасонные резцы должны иметь оптимальные с точки зрения обеспечения благоприятных условий резания передние и задние углы. Для наружных точек режущей кромки оптимальные передние углы выбираются в зависимости от свойств обрабатываемого материала в соответствии с таблицей 1.

Обрабатываемый материал	Таблица 1 $\gamma, ^\circ$
Алюминий и медь	20–30
Мягкая сталь	20
Сталь средней твердости	15
Твердая сталь и мягкий чугун	10
Весьма твердая сталь и твердый чугун	5
Весьма твердый чугун, бронза и латунь	0

Задние углы назначают в пределах:

- для призматических резцов  $\alpha = 12..15^0$ ;
- для круглых резцов  $\alpha = 10..15^0$ .

При задних углах больших оптимальных ослабляется режущее лезвие, при углах меньших оптимальных значений наблюдается рост сил трения задней поверхности фасонного резца о поверхность обрабатываемой детали.

Указанные значения передних и задних углов обеспечиваются заточкой резцов под углом  $\Sigma = \alpha + \gamma$  и последующим раз-

воротом резцов относительно вершинной точки лезвия на угол  $\alpha$ . У призматических резцов это обеспечивается поворотом (установкой) державки. У круглых резцов вследствие поворота ось резца поднимается выше вершинной точки на величину  $h = R \sin\alpha$ , где  $R$  – наибольший радиус резца.

Зависимость между углом  $\alpha$  на вершине резца и углом в любой точке  $\alpha_1$  режущей кромки в радиальной плоскости Р–Р выражается следующим образом.

Для призматического резца (левая часть рисунка 1):

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \text{ и } \alpha_1 + \beta + \gamma_1 = 90^\circ, \text{ следовательно}$$

$$\alpha_1 = \alpha + \beta + \gamma - \beta - \gamma_1 = \psi - \gamma_1,$$

$$\text{где } \psi = \alpha + \gamma;$$

Во всех остальных точках прямолинейного профиля они будут иметь другие значения определяемые по аналогичной формуле:

$$\alpha_x = \psi - \gamma_x; \tag{1}$$

Для круглого резца (правая часть рисунка 1)

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \text{ и } \alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = 90^\circ;$$

$$\alpha_1 = \alpha + \beta + \gamma - \beta_1 - \gamma_1 = \psi - \gamma_1 + \beta - \beta_1.$$

Во всех остальных точках прямолинейного профиля они будут иметь другие значения определяемые по аналогичной формуле:

$$\alpha_x = \psi - \gamma_x + \beta - \beta_x. \tag{2}$$

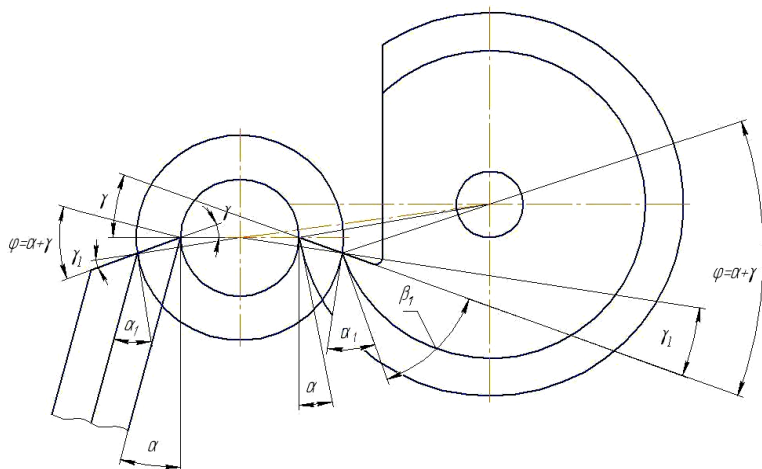


Рисунок 1 – Определение задних углов фасонных резцов

Анализ формул (1) и (2) показывает, что с приближением рассматриваемых точек к опорной плоскости призматического или к центру круглого фасонного резца величина заднего угла  $\alpha_x$  увеличивается.

Определим задний угол для любой точки наклонного профиля режущего лезвия. Для этого дадим пространственное изображение режущего лезвия фасонного резца (рисунок 2), наклоненного под углом  $\varphi$  к линии, перпендикулярной к оси детали. Найдем зависимость между углами  $\alpha$  (угол в сечении, перпендикулярном к режущему лезвию) и  $\alpha_1$  (угол в сечении, перпендикулярном к оси детали).



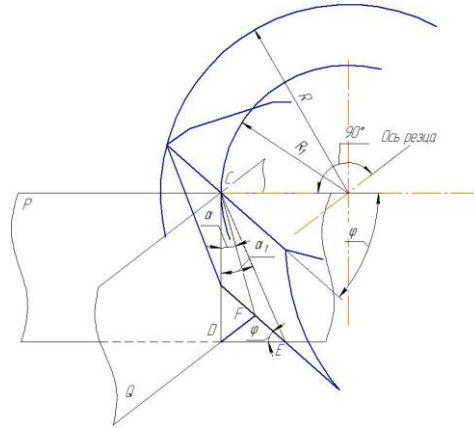


Рисунок 2 – Определение заднего угла  $\alpha_x$

Проведем через точку  $C$  две секущие плоскости  $P$  и  $Q$ . В сечении плоскостью  $P$  задний угол будет  $\alpha_1$ , а в сечении плоскостью  $Q$  –  $\alpha$ . Из треугольников  $CDE$  и  $CDF$  определим эти углы:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_1 &= DE/CD; \\ \operatorname{tg} \alpha &= DF/CD. \end{aligned}$$

Отсюда

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \left( \frac{DE}{CD} \right) \cdot \left( \frac{CD}{DF} \right) = \frac{DE}{DF}. \quad (3)$$

Из треугольника  $DEF$  угол  $DEF = \varphi$ , следовательно

$$DF = DE \sin \varphi. \quad (4)$$

Подставляя (4) в формулу (3) получим

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_1 \sin \varphi. \quad (5)$$

Для круглого фасонного резца формула справедлива лишь в том случае, если точка  $C$  режущей кромки лежит на наружном диаметре резца  $D = 2R$ . Если же точка  $C$  лежит на некотором удалении от центра, т. е. на радиусе  $R_2$ , полученная расчетная формула примет вид [2]:

$$\operatorname{tg} \alpha_x = (R/R_x) \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi.$$

Анализ полученных формул показывает, что при  $\varphi = 0$ , т.е. на участках профиля детали, имеющих образующую, перпен-

дикулярную к оси резца или детали, задний угол  $\alpha = 0$ . Для обеспечения положительного значения заднего угла можно воспользоваться одним из способов, показанных на рисунке 3 (*a* – путем поднутрения на угол  $\phi_1$ ; *б* – применение короткой фаски  $f$ ; *в* – использование наклонного расположения оси резца; *г* – применение резцов с винтовой поверхностью).

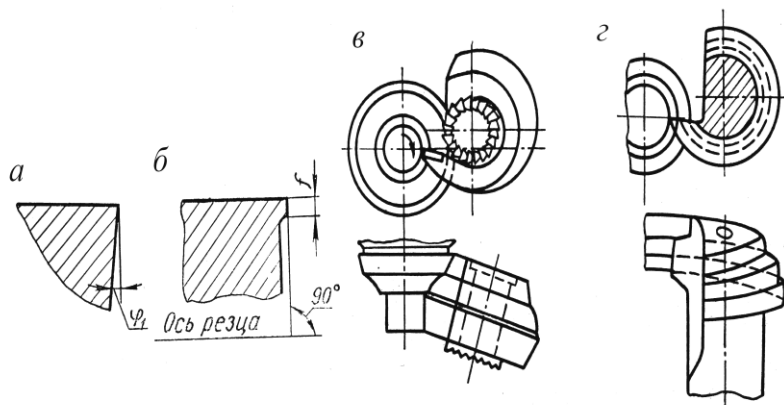


Рисунок 3 – Способы улучшения углов

При проектировании фасонных резцов необходимо чтобы угол  $\alpha_x$  для самой неблагоприятной точки был не менее  $2-3^0$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Семенченко, И.И. Проектирование металлорежущих инструментов / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров; под ред. И.И. Семенченко. – М.: МАШГИЗ, 1963. – 952 с.

2. Ящерицын, П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент/ П.И. Ящерицын, Н.Л. Еременко, Н.И. Жигалко. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: Выш. школа, 1981. – 560 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ РАЗЛИЧНОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Крутько Э.Т.*

Полиэтиленгликоль (ПЭГ) является неионогенным полимером. Его получают полимеризацией оксиэтилена с этиленгликолем [1]. ПЭГ широко применяется при изготовлении антифризов, флокулянтов, пен и эмульсий. Научный интерес к ПЭГ и его водным растворам обусловлен его высокой растворяющей способностью по отношению к веществам как гидрофильного, так и гидрофобного характера [2].

Объектом исследования являлась зависимость вязкости водных растворов полиэтиленгликоля от значения молекулярной массы полиэтиленгликоля. Вискозиметрические измерения водных растворов полимера проводили при температуре 18°C, используя капиллярный вискозиметр Уббелодде с диаметром капилляра 0,34 мм.

Время истечения раствора измеряли с точностью до 1 с, раствор термостатировали с точностью до 0,5°C. По полученным данным были определены удельные вязкости растворов, используя рассчитанные значения, построили графики зависимости удельной вязкости от концентрации полиэтиленгликоля в растворе (рисунок 1).

Результаты вискозиметрических исследований использовали также для расчета эффективного объема макромолекул полимера:

$$V_{\text{эфф.}} = \frac{0,74 \cdot \eta \cdot M}{[2,5 + \eta] \cdot c \cdot N_A} \quad (1)$$

где  $M$  – молекулярная масса,  $c$  – объемная концентрация,  $N_A$  – число Авогадро.

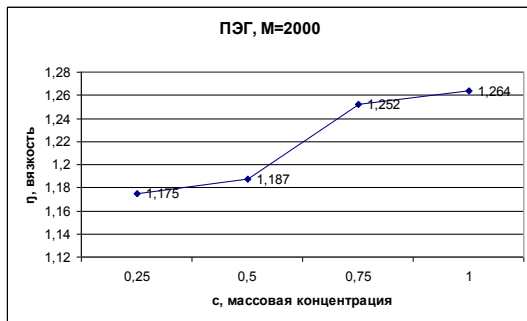


Рисунок 1 – Зависимость вязкости ПЭГ от массовой концентрации

Полученные значения использовали для построения графической зависимости эффективного объема макромолекул полимера от концентрации полиэтиленгликоля в растворе (рисунок 2).

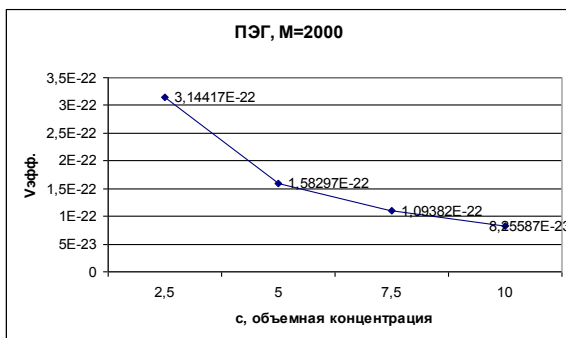


Рисунок 2 – Зависимость эффективного объема ПЭГ от объемной концентрации

Проведенные исследования показали, что  $V_{эфф.}$  снижается при увеличении концентрации ПЭГ. Это, по-видимому, связано с переходом макромолекул в более глобулированную конформацию. Проанализировав зависимости вязкости ПЭГ от молекулярной массы, можно сделать вывод, что с увеличением молекулярной массы вязкость раствора полимера также увеличивается. Предположительно это связано с увеличением

самых макромолекул и с тем, что ПЭГ особым образом влияет на гидродинамические и структурные свойства воды [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коршак, В.В. Технология пластических масс / В.В. Коршак. – М.: Химия, 1985. – 174 с.
2. Дымент, О.Н. Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена / О.Н. Дымент. – М.: Химия, 1976. – 373 с.
3. V.P. Poltev, A.V. Terlukin, G.G. Malenkov. – Int.J.Quant.Chem., 1992. – 1499 p.

УДК 621.793

Царук О.В., Койда С.Г.

## СПОСОБЫ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Иващенко С.А.*

В связи с усложнением производства и ужесточением условий эксплуатации деталей машиностроения, созданием новых способов и совершенствованием традиционных технологий нанесения покрытий существенно возрастают требования к подготовке поверхности. В некоторых отраслях промышленности подготовка поверхности составляет до 10% от трудоемкости изготовления деталей. Процесс подготовки поверхности является большим резервом повышения производительности труда и снижения себестоимости деталей. Поэтому применение более совершенных методов подготовки поверхностей обеспечит повышение качества деталей машиностроения с упрочняющими и защитными покрытиями [6].

Существующие способы подготовки поверхности под покрытие подразделяются на механические, химические, электрохимические, физические и т.д. [7].

### МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ

Механические способы очистки используются для удаления с деталей твердых, сильно пригоревших углеродистых отложений, окисных пленок, продуктов коррозии, окалины и пр. При этом применяют ручной и механизированный инструмент, галтовочные барабаны, вибрирующие контейнеры, различные абразивные материалы, несущей средой для которых используют воздух и воду.

При небольшом объеме работ, а также при удалении загрязнений, для которых другие способы очистки оказываются неэффективными, применяют ручную очистку металлическими щетками, скребками, наждачными шкурками, молотками, зубилами и т.д.

В остальных случаях очистку стремятся механизировать более производительным инструментом – пневматическими или электрическими щетками, шарошками, машинками с наждачными или карборундовыми камнями либо шкурками.

Эффективна обработка иглофрезами. В отличие от обычных металлических щеток, применение иглофрез позволяет обеспечить съём плотной окалины и устранение других дефектов на значительную глубину (до 3 мм за один проход). Особенно удобно применять иглофрезирование при очистке крупногабаритных деталей со сложным профилем поверхности, карманами и прочими углублениями.

Водоструйная очистка применяется для удаления с наружных поверхностей машин пыли, грязи и маслянисто-грязевых отложений при содержании в последних не более 35% масла.

Абразивная струйная очистка является наиболее эффективным методом механической подготовки поверхности и характеризуется следующими свойствами:

- возможность достижения высокой производительности;
- струйно-абразивное оборудование может быть как стационарным, так и передвижным;
- метод применим для большинства типов и форм поверхностей;

- могут достигаться разные степени подготовки и профилей поверхности;
- возможно частичное удаление отдельных участков поврежденного лакокрасочного покрытия, оставляя неповрежденным основное лакокрасочного покрытия удовлетворительного качества.

На выбор метода обработки влияют материал очищаемой конструкции, толщина материала, размеры, условия проведения работ по очистке, а также характер удаляемых посторонних включений.

Сухая абразивоструйная очистка или, так называемый, бластинг заключается в ударе абразивного потока с высокой кинетической энергией о подготавливаемую поверхность. Подача абразива осуществляется при помощи центробежной силы, сжатого воздуха или эжекции. В воздушно-абразивный поток допускается добавлять небольшое количество воды для устранения пыли.

Центробежная абразивная струйная очистка осуществляется на неподвижных установках или в передвижных устройствах, в которых абразив подается на вращающиеся колеса или лопасти разбрасывающие абразив равномерно и с большой скоростью по очищаемой поверхности.

Влажная абразивная струйная очистка со сжатым воздухом. Этот метод аналогичен абразивной струйной очистке сжатым воздухом и отличается тем, что в поток добавляют жидкость (обычно чистую, пресную воду). При этом очистка поверхности производится потоком воды, воздуха, абразива. При влажной абразивной очистке используют смесь абразива с водой в соотношении от 1:2 до 1:6.

Абразивная струйная очистка с вакуумом или всасывающей головкой. Этот метод аналогичен абразивной струйной очистке сжатым воздухом с той разницей, что сопло заключено внутри всасывающей головки, которая герметично закреплена на стальной очищаемой поверхности и служит для сбора отработанного

абразива и загрязнений. В качестве альтернативного варианта воздушно-абразивный поток может быть подан на металлическую поверхность при использовании пониженного давления во всасывающей головке, т.е. за счет эжекции. Этот метод имеет название вакуум-бластинг.

Суспензионная струйная очистка заключается в подаче дисперсии мелких абразивных частиц в воде или другой жидкости на очищаемую поверхность.

### ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ

Травлением металлов называется их химическое очищение с целью удаления с поверхности предметов окислов или остатков флюсов. При травлении используют агрессивные химические вещества: кислоты, щелочи, соли, называемые травителями. При травлении верхний слой металла, покрывшийся во время обработки различными окислами, растворяется травителями. Обычно в качестве травителя используются кислоты или смеси кислот, для точных работ применяют составы, состоящие из разных компонентов.

Производится очистка простым погружением изделия в раствор. Время нахождения в растворе зависит от материала и желаемой глубины травления. После извлечения изделие необходимо тщательно промыть холодной водой (иногда пользуются водным раствором соды) для удаления следов кислоты.

Травят детали в стационарных ваннах (без циркуляции или с циркуляцией растворов) или же струйным способом (струйный облив деталей горячими растворами). Струйный способ более эффективен, т.к. сочетает химическое и механическое воздействие струи раствора на обрабатываемую поверхность. В этом случае снижаются трудовые затраты и стоимость обработки, увеличивается скорость травления и снижается расход кислоты.

Электрохимическое травление по сравнению с химическим – процесс более производительный и экономичный в отношении расхода кислоты. Его применяют обычно при нанесении гальванических покрытий. Травление коррозионно-стойкой стали и



деталей с точными размерами можно проводить только электрохимическим методом. В основном применяют анодное травление, при котором исключается наводороживание металлов. Процесс удаления с поверхности деталей тончайшего слоя окислов, которые образуются в промежутках между технологическими операциями, называют активацией. При активации происходит мелкое протравливание верхнего слоя металла, способствующее лучшему сцеплению поверхности основного металла с покрытиями. Активацию производят непосредственно перед нанесением гальванического покрытия.

#### ТЕРМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Основана на удалении загрязнений нагревом их до температуры, при которой они либо сгорают, либо теряют механическую прочность и отделяются от основного металла.

Газопламенной очисткой удаляют нагар, старую краску и другие загрязнения. Для этого используют специальные ацетилено-кислородные горелки или паяльные лампы. После газопламенной очистки поверхность дополнительно обрабатывают металлическими щетками для удаления пыли и остатков окалины.

#### ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Заключается в обработке деталей в расплавах солей и щелочей. Ее применяют для удаления нагара, накипи и продуктов коррозии. Наиболее широко распространены ванны с расплавленной каустической содой или составы на ее основе. Температуру расплава поддерживают в пределах  $420 \pm 10^\circ\text{C}$ . Перед погружением в ванну деталь выдерживают 2..3 мин для подогрева над поверхностью расплава. Продолжительность выдержки изделий в расплаве 5..15 мин в зависимости от количества загрязнений и температуры расплава.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ

Среди технологических процессов, протекающих в жидких средах с воздействием ультразвука, очистка поверхности твердых тел в ультразвуковом поле получила наибольшее применение.

ние. Ультразвук широко используют для очистки стальной ленты, фильтров, форсунок, алюминиевой и медной проволоки, кабеля и др. Введение ультразвуковых колебаний в моющие растворы позволяет не только ускорить процесс очистки, но и получить высокую степень очистки поверхности. Использование в качестве технических моющих средств водорастворимых соединений позволяет исключить пожароопасные и токсичные органические растворители, что, несомненно, ведет к улучшению условий труда рабочих, повышению культуры производства, а также позволяет частично решить вопросы по экологической безопасности производства.

### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ

Криогенный бластинг (обработка гранулами сухого льда) – это эффективный способ очистки поверхностей от загрязнений с помощью высокоскоростной струи гранул сухого льда основывается на трех основных принципах:

1. Гранулы сухого льда имеют значительно более низкую температуру ( $-79^{\circ}\text{C}$ ) по сравнению с очищаемой поверхностью. Резкое снижение температуры поверхностного слоя вызывает эффект «термического шока», при котором охлажденные до хрупкого состояния загрязнения легко отслаиваются от поверхности вследствие различий их коэффициентов линейного расширения.

2. При соударении с поверхностью объекта к гранулам подводится огромное количество тепла. В результате твердые частицы сухого льда мгновенно нагреваются и переходят в газообразное состояние, стремясь расшириться в сотни раз. Образовавшийся газ, частично проникая в пространство между очищаемой поверхностью и загрязнениями, образует так называемый «газовый клин», сдирающий под давлением частицы загрязнений с поверхности.

3. Кинетическая энергия гранул сухого льда, вылетающих из сопла пистолета со скоростью, близкой к скорости звука, оказы-

вает перманентное механическое воздействие на поверхность, удаляя загрязнения при соударении.

Данная технология является экологически полноценным технологическим процессом и не наносит вреда окружающей среде. Тройной эффект воздействия (кинетический, термический, динамический) потока сухого льда обеспечивает высокоэффективную очистку поверхности даже мягких материалов без их повреждения.

Фирма «Asp-advanced clean production» разработала и запатентовала технологию промышленной очистки деталей с помощью жидкого диоксида углерода. На поверхность детали направляется под давлением струя жидкого  $\text{CO}_2$ , который на воздухе мгновенно превращается в снег. Поток сжатого воздуха разгоняет его до высокой скорости, очистка осуществляется за счет резкого охлаждения поверхности и охрупчивания загрязнений и высокой кинетической энергии снега.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Александра-Плюс: ультразвуковые технологии и оборудование. – Москва, 2010. – Режим доступа: <http://www.alexplus.ru>. – Дата доступа: 19.02.2010.
2. Новая технология очистки деталей. *Zeit für neue Revolutionen. Masch und Werkzeug*. 2008.109, № 7-8. – С. 122–123.
3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Коррозия металлов. – М., 2010. – Режим доступа: <http://www.corer.ru>. – Дата доступа: 15.02.2010.
4. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Мастерская. – М., 2010. – Режим доступа: <http://inster.narod.ru>. – Дата доступа: 15.02.2010.
5. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Колорит индустриал. – Казань, 2010. – Режим доступа: <http://www.kolorit-ind.ru>. – Дата доступа: 17.02.2010.

6. Иващенко, С.А. Газотермические и вакуумно-плазменные покрытия со специальными физико-механическими свойствами / С.А. Иващенко, И.С. Фролов, Ж.А. Мрочек. – Минск: УП «Технопринт», 2001.

7. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.

УДК 621.5.041

Чернокал Д.В.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКИ  
ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПРОСВЕТЛЯЮЩЕГО  
АХРОМАТИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ  
НА ОПТИЧЕСКУЮ ДЕТАЛЬ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Шахрай Л.И.*

Нанесение просветляющего ахроматического покрытия осуществляется на вакуумной установке ВУ-1А методом электронно-лучевого испарения. Данный метод испарения относится к термическому осаждению покрытий. Процесс формирования покрытий термическим испарением в вакууме основан на свойстве паров металла осаждаться на поверхности основы-изделия. Напыляемую поверхность располагают на пути потока паров металла, которые конденсируясь, образуют при соответствующих условиях прочно сцепленное с основой покрытие (рисунок 1).

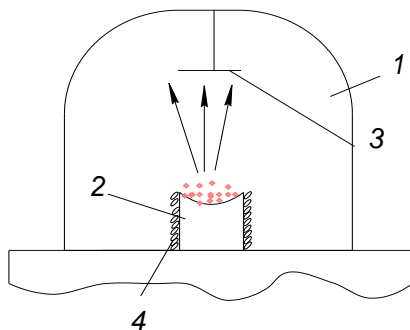


Рисунок 1 – Схема нанесения покрытия:

1 – вакуумная камера; 2 – тигель с напыляемым материалом;  
3 – расположение оправки с изделиями для напыления; 4 – индуктор.

Основной проблемой, с которой сталкиваются на предприятии – наличие бракованных деталей. Брак заключается в том, что толщина покрытия на детали оказывается неравномерной, либо покрытие отличается от покрытия на контрольном образце. Это связано со следующими факторами:

- различные изделия-основы расположены в вакуумной камере на разном расстоянии от источника напыления, а также под различным углом;
- среднее значение пути свободного пробега атомов больше, чем расстояние между источником этих атомов и подложкой;
- направление роста пленки совпадает с направлением потока парообразных частиц.

В результате на детали, которая находится непосредственно над испарителем, толщина покрытия будет больше, чем на других.

Так, например, при загрузке в камеру оправки с двадцатью деталями, после проведения технологического процесса, оказывается, что пять из них бракованные. При этом детали размещаются в подколпачной арматуре (рисунок 2). Арматура подколпачная предназначена для размещения и вращения в вакуумной камере деталей, устанавливаемых в гнезда куполообразного держателя, а также размещения контрольного образца для контроля толщины наносимого покрытия.

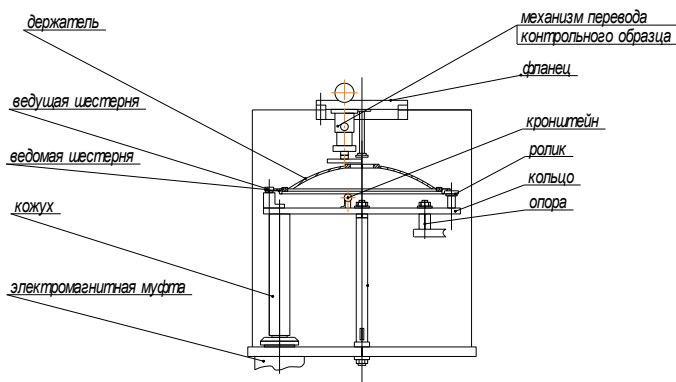


Рисунок 2 – Подколпачная арматура

Вращение держателя осуществляется от электромагнитной муфты через карданный валик, ведущую и ведомую шестерни. В вакуумной камере на трех опорах и установлено неподвижное кольцо, на котором имеются три кронштейна с роликами. Ролики вращаются на осях кронштейнов в подшипниках. На роликах устанавливается шестерня с держателем подложек. К верхнему фланцу вакуумной камеры крепится механизм перевода контрольного образца.

Проблему неравномерности толщины покрытия можно решить при помощи использования специальной оснастки, а именно подколпачной арматуры с двойным планетарным вращением, где вращается сама арматура вокруг оси камеры, а также вращаются оправки с деталями вокруг своих осей.

Такая модернизация вакуумной установки позволит наносить покрытие с равномерной толщиной на все детали, что приведет к уменьшению брака, а также повысит производительность.

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ STATISTICA  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Иванов И.А.*

Система STATISTICA обладает следующими общепризнанными достоинствами:

- содержит полный набор классических методов анализа данных: от основных методов статистики до продвинутых методов, что позволяет гибко организовать анализ;
- является средством построения приложений в конкретных областях;
- в комплект поставки входят специально подобранные примеры, позволяющие систематически осваивать методы анализа;
- отвечает всем стандартам Windows, что позволяет сделать анализ высоко интерактивным;
- система может быть интегрирована в Интернет;
- поддерживает web-форматы: HTML, JPEG, PNG;
- данные системы STATISTICA легко конвертировать в различные базы данных и электронные таблицы;
- поддерживает высококачественную графику, позволяющую эффектно визуализировать данные и проводить графический анализ;
- является открытой системой: содержит языки программирования, которые позволяют расширять систему, запускать ее из других Windows-приложений, например, из Excel.

Структура программы:

Система STATISTICA представляет собой интегрированную систему статистического анализа и обработки данных. Она состоит из следующих основных компонент: электронных таб-

лиц для ввода и задания исходных данных (SpreadSheet); специальных таблиц для вывода численных результатов анализа (ScrollSheet); графической системы для визуализации данных и результатов статистического анализа; набора базовых (специализированных) статистических модулей; специального инструментария для подготовки отчетов по результатам анализа; встроенных языков программирования STSTISTICA Command Language и STATISTICA BASIC, которые позволяют существенно расширить возможности системы.

Модуль «Основные статистики и таблицы» (Basic Statiatics/Tables).

Все статистические процедуры сгруппированы в нескольких статистических модулях. Как правило, модули соответствуют определенным разделам статистического анализа. Количество модулей зависит от версии системы. Модули запускают из Переключателя модулей щелчком мыши. Рассмотрим назначение модуля «Основные статистики и таблицы» (Basic Statiatics/Tables):

Как правило, работы в системе начинаются с этого модуля.

Его назначение – предварительная обработка данных, направленная на установление зависимости между ними, группирование данных, предварительный просмотр результатов анализа в табличной или графической форме.

Модуль включает следующие процедуры:

– описательные статистики, в том числе группирование данных по интервалам, оценка выбросов (грубых ошибок), разведочный анализ с визуализацией результатов;

– корреляции, содержит процедуры исследования степени зависимости между независимыми переменными;

– t-критерий (и другие критерии), содержит процедуры проверки закона нормального распределения;

– Таблицы частот и таблицы кросстабуляций;

Основные задачи, решаемые при поведении количественного эксперимента.



Эксперимент – это система операций, направленная на получение информации об объекте исследования.

Целью количественного либо измерительного эксперимента является установление количественных связей между параметрами, которые описывают состояние системы.

Условия выполнения количественного эксперимента:

1. наличие объекта исследования;
2. наличие численных параметров, характеризующих состояние объекта исследования;
3. возможность управления объектом исследования;
4. воспроизведение результатов эксперимента.

Вывод: Таким образом, система STATISTICA является эффективным инструментом обработки экспериментальных данных. Основным статистическим модулем является модуль «Основные статистики и таблицы» (Basic Statistics/Tables).

**ВЛИЯНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ЯЗЫКОВ  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА РАЗВИТИЕ  
СПОСОБНОСТЕЙ РЕШЕНИЯ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: канд. пед. наук, доцент  
Соловянчик А. А.*

Языки программирования, впрочем, как и сами компьютеры, появились в нашей жизни не так давно, но, не смотря на это, уже довольно большое количество людей вовлечено в изучение и использование данных языков для работы на компьютере. Изучение языков программирования начинается уже в школе в качестве одного из разделов учебного предмета «Информатика», а также более углублено и разносторонне они могут изучаться на факультативных занятиях и в кружках. С ними также связано большое количество дисциплин изучаемых в технических ВУЗах.

Деятельность, связанную с написанием программ на компьютерных языках, называют программирование.

Основным предназначением языков программирования является решение задач на ЭВМ. Диапазон задач решаемых с помощью ЭВМ довольно широк – это математические, физические, технические, социальные, биологические, химические, практически все задачи, с которыми может столкнуться человек можно определенным образом формализовать и решить на компьютере.

Но как бы ни были хороши сами языки программирования и компьютеры, на которых они используются, без участия человека ничего работать не будет, т.е. человек придумал компьютеры, придумал языки программирования для управления компьютерами, и для выполнения работ на нем постоянно вы-

нужден взаимодействовать с компьютером. А отсюда возникает резонный вопрос, какое влияние оказывает на человека изучение языков программирования и его взаимодействие с компьютером, т.е. в данном случае интересным для нас моментом является обратная связь. Несомненно, влияние это многофакторное, которое, может быть как положительное, так и отрицательное. Но нас в контексте данной работы больше интересует вопрос – какое все же влияние оказывает изучение языков программирования на развитие способностей решения творческих задач, и каковы механизмы этого влияния.

Бесспорно, программирование на компьютерных языках накладывает свой отпечаток на мыслительную деятельность человека, который им занимается. Во-первых, формируется определенная логика мыслительной деятельности, характеризующаяся склонностью мыслить алгоритмически, т.е. практически любую жизненную ситуацию раскладывать на структурные единицы, а затем манипулировать ими. Также формируется операциональная и объектная форма мышления. Во-вторых, проявляется высокая склонность к абстрагированию при решении той или иной задачи. Все это в свою очередь, является надежной предпосылкой к развитию способностей по решению творческих задач.

Кроме того что программирование оказывает влияние на способ мышления, оно к тому же, предоставляет для этого определенную методологию, которую можно использовать для решения творческих задач, а именно закономерности структуры языков программирования – ее элементы и их взаимосвязи. Данные структуры, могут представлять собой целостные образования в сознании человека, которые он использует для решения задач различного характера, в том числе и творческих.

Механизм, с помощью которого происходит подведение условий задачи под структуру языков программирования нижеизученный.

Основополагающим качеством языков программирования для решения творческих задач, является то, что известные в данных языках категории («элементы») и взаимосвязи между ними являются общими (едиными) для любых объектов внешнего мира; поэтому они могут «накладываться» на структуру любой задачи – ее элементы (условие, требование и способ решения) и раскрывать неизвестные взаимосвязи между ними. Найденные с помощью структуры языков программирования взаимосвязи между неизвестным способом решения задачи и ее известными объектами в условии и требовании позволяют планомерно разработать способ решения творческой задачи.

Разработка способа решения творческой задачи должна начинаться с включения задачи в языковую структуру (ориентировочная часть творческой деятельности). Данное действие осуществляется посредством наложения макроэлементов (компонентов) структуры языков программирования на задачу (подведение явлений в условии и требовании задачи, а также «неизвестном» способе решения под категории языков программирования).

Для решения творческих задач имеются в языках программирования, по крайней мере, 3 значимых компонента, точнее, 3 группы компонентов, которые условно можно назвать «словарь», «правила» и «предложения».

Указанные группы компонентов накладываются на структуру задачи.

Что же представляют из себя названные компоненты?

Во-первых «словарь» соответствует разделу языков программирования, который называется «Данные». Здесь, как и в любом словаре, указываются слова и термины языков программирования, на которые нужно «перевести» слова (названия объектов) в структуре задачи.

Все предметы и явления объективного мира (а, значит, и термины в структуре любой задачи) могут быть отнесены к

одному из двух подразделений слов (терминов) языков программирования – структурированные (сложные) и неструктурированные (простые, скалярные) данные.

«Данные» языков программирования охватывают все компоненты задачи – условие, требование и способ решения, ибо все события в задаче должны быть записаны в терминах языков программирования как объекты последних.

«Правила» вторая группа компонентов изложены в разделе языков программирования «Операторы» и др. Рассматриваемое подразделение позволяет ответить на вопрос: «Что можно делать с объектами из раздела «Данные»?».

«Предложения» языков программирования – это третья группа компонентов – представлена в разделе «Выражения»; это – «завершающие» конструкции (языков), которые состоят из данных (операндов), и операторов (действий над данными).

Указанная группа компонентов языков программирования накладывается на структуру творческой задачи, что в свою очередь позволяет при решении задачи манипулировать этими компонентами для нахождения оптимального решения. Для совершения манипуляций с данными компонентами, наличие компьютера является не обязательным условием, так как речь уже идет не о программировании, а об использовании структуры языков программирования в качестве методологии решения творческих задач.

Таким образом, можно предположить, что у тех, кто занимается программированием, на бессознательном уровне формируется способность к структурированному подходу к решению творческих задач, т.е. они сами того не осознавая при решении творческой задачи, переносят структуру языков программирования на структуру задачи, тем самым, способствуя ее решению.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ КАК ФАКТОР ИНТЕНСИФИКАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. пед. наук, доцент*

*Соловянчик А.А.*

Информационные технологии (ИТ) уже плотно вошли в нашу жизнь и захватили практически все сферы человеческой деятельности.

Согласно определению, принятому ЮНЕСКО, ИТ – это комплекс взаимосвязанных научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации; вычислительную технику и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы.

Информационные технологии это довольно широкое понятие, которое имеет следующие основные черты:

- 1 компьютерная обработка информации по заданным алгоритмам;
- 2 хранение больших объемов информации на машинных носителях;
- 3 передача информации на любые расстояния в ограниченное время.

С философской точки зрения наше общество характеризуется как информационное, в котором большую ценность представляет информация, способы ее поиска, передачи, переработки и хранения. Это в свою очередь обуславливает стремление к развитию средств и методов работы с информацией, и

обеспечения внедрения информационных технологий во все сферы человеческой деятельности.

Образование как одна из сфер человеческой деятельности является стратегически важным компонентом в структуре государства, который оказывает непосредственное влияние на прогресс в развитии общества посредством подготовки подрастающего поколения к жизни в этом обществе. Поэтому внедрение и использование информационных технологий в образовании, есть фактор, обеспечивающий эффективность образовательного процесса и наделение учащихся актуальным уровнем знаний, умений и навыков.

Информационные технологии включают в свою структуру как материальную, так и интеллектуальную составляющие: это разработка и внедрение современной вычислительной техники, разработка программного обеспечения, средства и методы передачи информации и др. Все эти компоненты тем или иным образом используются в образовательном процессе.

Так, например, интернет-технологии, являются составной частью информационных технологий. Интернет-технологии обеспечивают большой «кругооборот» информации и позволяют:

- находить нужную информацию, а также самим размещать ее в глобальной сети;
- пользоваться электронными библиотеками;
- организовывать дистанционное образование;
- организовывать образовательные порталы, на которых размещается информация, посвященная организации учебного процесса, его правовым сторонам;
- обеспечивать связь с родителями учащихся, что дает возможность своевременно информировать их об успеваемости последних.

Помимо использования сети Интернет, в образовательном процессе широкое распространение получает компьютерный контроль знаний по различным предметам на основе исполь-

зования всевозможных тестов. При этом сами тестирующие программы могут покупаться, либо разрабатываться непосредственно самим учителем. В данном случае, использование информационных технологий, повышает эффективность контроля знаний, уменьшая при этом субъективность в оценивании учащегося и время необходимое для контроля уровня знаний.

Использование информационных технологий в образовании, также способствует обеспечению большей наглядности в процессе проведения занятий. Эта наглядность реализуется на основе использования мультимедийных технологий: проектора, копи-доски, электронных планшетов и ряда других устройств. Большим плюсом данных технологий является то, что они позволяют организовать динамическую наглядность, т.е. демонстрировать процессы, явления в динамике их протекания. Помимо этого, создается возможность моделирования тех или иных процессов или объектов действительности для изучения их свойств.

Помимо прямого действия оказываемого информационными технологиями на эффективность образовательного процесса, имеется также и косвенное действие, проявляющееся в автоматизации образовательной среды. Например, составление базы данных об учащихся, включающей в себя данные об успеваемости учащихся, данные о родителях и месте жительства учащихся, данные об их физическом и психическом здоровье и ряд других данных.

Таким образом, возможности предоставляемые использованием информационных технологий в образовательном процессе способствуют интенсификации последнего. Использовать или не использовать данные технологии это уже самостоятельный выбор каждого педагога, образовательного учреждения или государства.



**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ УЧЕБНЫХ УДАРОВ  
СВН ЗАДАННОЙ СЛОЖНОСТИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Военная академия Республики Беларусь, Минск,  
Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Казарин А.В.*

*Статья посвящена разработке методики построения учебных ударов СВН заданной сложности (эффективности) на тренажерных средствах ЗРК отличающаяся от существующих использованием математической модели боевой работы ЗРК и генетического алгоритма оптимизации, что позволяет получить пространственно-временное построение ударов СВН снижающих эффективность ЗРК на заданную величину и дающие возможность боевому расчету повысить эффективность ЗРК.*

Современные условия ведения боя с воздушным противником, ограниченные сроки освоения сложной военной техники и вооружения требуют постоянного совершенствования методов обучения боевых расчетов зенитно-ракетных комплексов (ЗРК). Проведенные на испытательных полигонах исследования с боевой стрельбой показывают, что повышение уровня подготовки расчетов боевых средств ПВО с удовлетворительного до отличного дает большой прирост эффективности сложных зенитных ракетных комплексов и систем как в простых, так и сложных условиях воздушной и помеховой обстановки. Для получения такого прироста эффективности боевой расчет необходимо постоянно тренировать в различных сложных условиях противодействия средствам ПВО. Поэтому качество подготовки расчетов существенно зависит от степени совершенства тренажерных

средств, которые используются для тренировки боевых расчетов.

Анализ существующих тренажных средств многоканальных ЗРК показал, что в них отсутствует методика построения ударов СВН заданной сложности (эффективности). Необходимость использования данной методики обусловлено тем, что:

1. При одинаковом наборе начальных условий (количество и тип целей, участвующих в ударе, высота полета, скорость целей и др.) можно построить любое множество ударов имеющих различные значения эффективности.

2. Эффективность обучения в значительной степени зависит от знания боевым расчетом результатов обучения (как расчет реализовал возможности ЗРК), другими словами, от знания ошибок допущенных им в процессе тренировки, т.к. в этом случае выполняется основной принцип обучения: у обучаемого есть стимул для улучшения решения поставленных перед ним задач.

Для формирования удара СВН заданной эффективности необходимо произвести перебор характеристик удара СВН, определить их эффективности и выбрать характеристики удара удовлетворяющие заданным требованиям. Оценка эффективности будет определяться методом имитационного моделирования боевой работы ЗРК [2]. Выбор именно имитационного моделирования для оценки эффективности ЗРК обусловлен использованием имитационного моделирования в тренажерных средствах ЗРК при имитации ударов СВН. При тренировках боевой расчет тренируется по конкретным ситуациям, что не приемлет наличия случайности в процессе тренировки, поэтому будем использовать модель без учета случайных факторов.

Так как выход модели будет функцией большого количества параметров удара СВН, то дальнейшее решение задачи будет представлять собой многопараметрическую задачу. Решение таких задач классическими методами затруднительно, поэтому был применен генетический алгоритм оптимизации [3]. Стратегия поиска оптимального решения в генетических алгоритмах

опирается на гипотезу селекции: чем выше приспособленность особи, тем выше вероятность того, что у потомков, полученных с её участием, признаки, определяющие приспособленность, будут выражены ещё сильнее. На основании полученной методики разработана компьютерная программа построения учебных ударов СВН заданной эффективности (сложности) для тренажерных средствах ЗРК.

Таким образом, разработанная методика позволяет получить пространственно-временное построение ударов СВН снижающих эффективность ЗРК на заданную величину и дающие возможность боевому расчету повысить эффективность ЗРК. Кроме того, разработанная методика построения учебных ударов СВН позволяет определить степень реализации огневых возможностей ЗРК, что может быть использована для анализа (оценки) результатов боевой работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Введение в эргономику / под общ. ред. Зинченко В.П. – М.: Сов. радио, 1974. – 352 с.
2. Военная кибернетика: методология обоснования направлений развития зенитного ракетного вооружения и синтеза зенитных ракетных систем / А.С. Сумин [и др.]; под общ. ред. А.С. Сумина. – М.: ВИМИ, 1997. – 399 с.
3. Сабанин, В.Р. Модифицированный генетический алгоритм для задач оптимизации и управления / В.Р. Сабанин [и др.] // Exponenta Pro. Математика в приложениях. – 2004. – №3–4. – С. 78–85.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЗВУКА В ВОЗДУХЕ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНО-УПРАВЛЯЮЩЕГО КОМПЛЕКСА  
МИКРОЛАБ**

*УО «Гродненский государственный университет имени  
Янки Купалы», Гродно, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент  
Василевич А.Е.*

*В статье рассмотрен практический метод определения скорости звука в воздухе методом стоячей волны с использованием измерительно-управляющего комплекса МикроЛаб.*

**Введение.** Периодическое отклонение тела от положения равновесия называется колебанием. Колебания, лежащие в интервале от 20 до 20000 Гц, обладают свойством вызывать ощущение звука и могут быть выделены по этому признаку в особую группу звуковых или акустических колебаний, называемых звуком. Математически уравнение волны (как поперечной, так и продольной) определяет величину смещения колеблющейся точки в зависимости от времени и координат равновесного положения этой точки. При этом любую волну характеризуют три основные величины: длина волны  $\lambda$ , скорость распространения  $v$  и частота  $\nu = 1/T$ .

Рассмотрим простой случай интерференции двух волн одинаковой частоты, длины и амплитуды, распространяющихся в противоположных направлениях. На опыте это можно осуществить, если на пути бегущей волны перпендикулярно к направлению распространения поставить хорошо отражающую преграду. В результате интерференции волны падающей и волны отраженной возникнет так называемая стоячая волна.

Стоячая волна фактически представляет собой совокупность бесконечного числа колебаний частиц среды одной и той же частоты  $\nu$ , но с различными амплитудами, причем смещение любой колеблющейся точки удовлетворяет уравнению

$$x = \cos\left(2\pi \frac{y}{\lambda}\right) \cos 2\pi \nu t, \quad (1)$$

Например, колебания струны, закрепленной на обоих концах можно рассматривать как установившуюся в струне стоячую волну, полученную в результате наложения волны, бегущей вдоль струны, и отраженной от ее зажатого конца. В таком случае длина стоячих волн будет удовлетворять условию:

$$l = m \frac{\lambda}{2}, \quad (2)$$

В системах с неодинаковыми условиями отражения стоячей волны, например, в воздушном столбе трубы, закрытой только с одного конца, также можно возбудить собственные колебания. В таком случае длина стоячей волны будет удовлетворять условию:

$$l = (m-1) \frac{\lambda}{4}, \quad (3)$$

Случай возникновения собственных колебаний в столбе воздуха используют для нахождения скорости распространения звука в воздухе;  $v$  можно определить, зная длину звуковой волны  $\lambda$ , распространяющейся от источника колебаний частоты  $\nu$ :

$$v = \lambda \nu. \quad (4)$$

Для измерения длины волны используется явление акустического резонанса. Длина возникающей стоячей волны, зависит от длины столба воздуха. Таким образом, для получения резонанса мы должны подобрать такую длину  $l$  столба воздуха, чтобы длина стоячей волны в нем совпала с длиной волны, распространяющейся от нашего источника звука. Следовательно, зная частоту колебаний источника звука и опре-

делив длину волны  $\lambda$  по длине воздушного столба в моменты резонанса, можно найти по формуле (4) скорость звука в воздухе. Однако необходимо учитывать, что пучность стоячей волны на открытом конце трубки и сам ее конец не совпадают. Поэтому для более точного нахождения длины волны необходимо воспользоваться разностью, а не абсолютными значениями  $l_1, l_2$ :

$$l_2 - l_1 = \frac{\lambda}{2}, l_3 - l_2 = \frac{\lambda}{2}. \quad (5)$$

**Методика измерений.** Для проведения данного опыта мы воспользовались экспериментальной установкой, в которой необходимый столб воздуха заключен в пластиковой трубке диаметром  $d = 27$  мм и длиной  $s = 1000$  мм (рисунок 1).

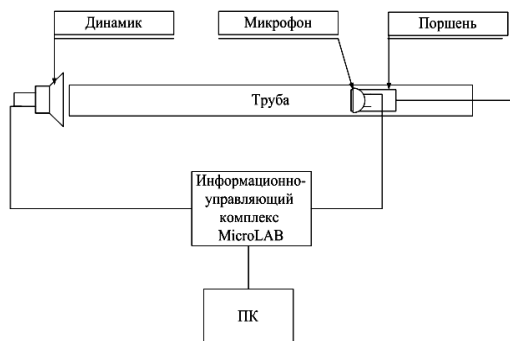


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

В нижнем основании объем воздуха ограничен открытым концом трубы. В верхнем – поршнем внутри трубы. Поршень может передвигаться внутри трубы. Для измерения амплитуды звуковых колебаний в поршне закреплен миниатюрный микрофон, подключенный к одному из входов измерительно-управляющего комплекса МикроЛаб [2]. Длина воздушного столба определяется по шкале, нанесенной на шток крепления поршня. Звуковые колебания подаются в трубу с помощью динамика подключенного к выходу цифро-аналогового

преобразователя измерительно-управляющего комплекса МикроЛаб.



МикроЛаб представляет собой, виртуальный измерительно-управляющий комплекс заменяющий множество необходимых для лабораторного эксперимента стандартных измерительных приборов: генераторов, осциллографов, вольтметров,

частотомеров, фазометров, анализаторов спектра, статистических анализаторов, измерителей АЧХ и т.д.

Перемещая поршень вдоль трубы, находим максимумы, которые соответствуют акустическому резонансу, и производим соответствующие измерения длины трубы для резонансных значений.

**Экспериментальные результаты.** Для частоты  $\nu = 1000$  Гц получены три длины:  $l_1 = 63,5$  см,  $l_2 = 81$  см,  $l_3 = 97,5$  см. Исходя из (5), усредненное значение длины волны  $\lambda = 34$  см. Отсюда, из (4) получаем значение скорости звука, соответствующее найденной длине волны:  $\nu = 340$  м/с (при температуре воздуха  $t = 17,5$  °C).

Известно, что истинная скорость звука при нормальных условиях (т.е. при температуре 0°C и давлении 1 атм) равна 331,5 м/с, а скорость звука при температуре 20°C и давлении 1 атм равна 343 м/с. Следовательно можно сделать вывод, что использование данного метода для определения скорости звука в воздухе является достаточно точным.

**Выводы.** Измерительно-управляющий комплекс МикроЛаб позволяет оперативно проследить и изучить поведение акустической волны, поскольку в распоряжение студента предоставляется не только встроенный цифровой мультиметр и генератор сигналов, но также цифровой осциллограф и амплитудно-частотный анализатор, который предоставляет

возможность автоматического построения АЧХ колебательной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. БСЭ. – М., 1971. – Т. 23. – С. 520.
2. Василевич, А.Е. Измерительно-управляющее устройство на базе микроконтроллера ADuC841 для организации лабораторных практикумов по физике / А.Е. Василевич, Ю.С. Седеневский // Веснік ГрДУ. – Серия 2. – 2008. – № 3. – С. 112–115.

УДК 621.81

Беко Н.А., Збировский А.В.

## **ВЛИЯНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Афанасьева Н.А.*

Современное информационное общество ставит перед всеми типами учебных заведений задачу подготовки выпускников, которые, помимо знаний, умений и навыков, владеют способами работы с информацией.

Исследователи называют важное направление решения названной задачи – интеграцию средств информационных технологий в образовательный процесс. Эта интеграция предполагает применение в учебном процессе компьютера, который выступает как эффективное средство поддержки учения учащихся. Данная поддержка возможна и целесообразна как на этапе проектирования, так и при осуществлении учебного процесса [1].

Необходимость применения компьютерных технологии на учебных занятиях, как средство наглядности, имеет весьма большое значение.



Готовность мультимедиа-текста к трансформации подталкивает «читателя-зрителя» к диалогу, в результате чего обеспечивается восприятие информации сразу несколькими органами чувств в сочетании с быстрым доступом и интерактивными возможностями работы с ней. Это даёт большие возможности для развития особого, «визуального мышления» (Р. Арнхейм), играющего самостоятельную роль в развитии и жизнедеятельности человека. Внедрение в технологии компьютерного обучения аудиовизуальных (мультимедийных) образов позволяет надеяться на использование всех важнейших способностей восприятия человека для развития детей [2].

В процессе лекции с применением компьютерных технологий, как и в обычной, объясняется новый материал, однако здесь имеются весьма широкие возможности для привлечения иллюстративного материала: изображений, видеофрагментов, звуковых фрагментов.

Занятие становится четко организованным и информационно насыщенным. Практические и лабораторные занятия с применением компьютерных технологий позволяют учащимся выполнить тренировочные упражнения, решать расчётные задачи, моделировать процессы, обрабатывать результаты виртуального эксперимента, а преподавателям облегчают возможность организовать контроль и осуществлять корректировку знаний и умений учащихся [1].

Возможности компьютерных технологий могут быть использованы в предметном обучении в следующих вариантах:

- полная замена деятельности преподавателя компьютерным программным средством, электронным учебным пособием по предмету (CD-ROM, DVD);
- частичная замена деятельности преподавателя компьютерными обучающими программами (по отдельным темам, вопросам предмета), при этом преподаватель, оставаясь центральной фигурой учебного процесса, выполняет управляющие воздействия по отношению к учащимся, отбирает

учебные задачи, контролирует ход их решения и определяет характер и меру помощи;

- фрагментарное, выборочное использование дополнительного материала, аудио-видеонаглядности из электронных хрестоматий, энциклопедий, музеев, контролирующих и других дополнительных материалов предметного учебно-методического комплекта;

- использование тренинговых программ для закрепления материала;

- использование диагностических и контролирующих материалов;

- выполнение домашних самостоятельных и творческих заданий учащимися с последующей демонстрацией их на занятиях;

- использование компьютера для вычислений, построения графиков;

- использование игровых и занимательных программ для закрепления материала, мотивации, психологической разрядки [2].

Во внеурочное время учащиеся используют компьютер для получения информации через Интернет при подготовке докладов и учебных проектов, могут участвовать в международных конференциях.

Вполне очевидно, что для компьютерной поддержки учебного процесса необходимы соответствующие технические устройства (мультимедийный компьютер с подключением к ресурсам Интернет, электронный видеопроектор), программное обеспечение (учебные программы информационного, интерактивного и контролирующего планов). Однако, в настоящее время в учреждениях образования страны очень не многие преподаватели и учащиеся имеют возможность использовать компьютер как средство обучения [1].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Запрудский, Н.И. Современные школьные технологии: пособие для учителей / Н.И. Запрудский. – Минск, 2003. – 288 с.
2. Селевко, Г.К. Педагогические технологии на основе информационно-коммуникационных средств / Г.К. Селевко. – М., 2005. – 208 с.

УДК 004.9

Бударин И.А.

### **МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Зуёнок А.Ю.*

*В статье рассматривается вопрос целесообразности применения мультимедийных технологий в сфере образования, их плюсы и минусы, а также взаимодействие технических средств обучения с классическими педагогическими методами.*

Рассматривая использование мультимедийных технологий в образовании необходимо уделить особое внимание психолого-педагогическим особенностям образовательного процесса, в котором используются данные технологии. Сущность и специфика мультимедийных средств обучения влияет на формирование и развитие психических структур человека, в том числе мышления.

Условия, создаваемые мультимедийной информационной средой, должны способствовать развитию мышления учащегося. Ориентировать его на поиск очевидных и неочевидных системных связей и закономерностей. Компьютер является мощным средством оказания помощи в понимании людьми многих явлений и закономерностей, однако, нужно помнить,

что он неизбежно порабощает ум, располагающий в результате лишь набором заученных фактов и навыков.

Немаловажным условием при работе с мультимедийными средствами являются межличностные отношения учителя с обучаемыми. Повышения организации внимания и восприятия при работе с мультимедийной информацией можно достичь благодаря использованию фактора новизны и соответствующей эмоциональной насыщенности занятия, которая создается дополняющими репликами для внесения ясности со стороны учителя, потому что живую речь преподавателя невозможно заменить другими средствами и технологиями. Учитывая этот аспект можно уверенно утверждать, что оптимально с речью преподавателя будет сочетаться такой вид мультимедиа как презентация, которая при всей своей универсальности нуждается в дополнительном объяснении для повышения эффективности усвоения учебной информации [3].

Мультимедийная презентация – один из прогрессивных методов организации обучения на уроках, мощное педагогическое средство, выходящее за рамки традиционной классно-урочной системы. Внедрение этой технологии позволяет учителю проиллюстрировать очный рассказ по теме занятия. Презентация, сопровождающая лекцию, позволяет максимально эффективно использовать особенности восприятия каждого обучаемого. Возможности анимации позволяют акцентировать внимание учащихся на наиболее важных моментах урока, позволяют понять логику построения логических цепочек, схем, таблиц.

В своей основе мультимедийные технологии опираются на визуальный информационный канал – самый мощный, доминирующий в плане воспринимаемой информации, поэтому его использование в области образования средствами мультимедиа более разработано. Однако это не отменяет важности и значения других медий. Например, эффективность усвоения материала значительно повышает создание оптимального

музыкального сопровождения. Продуманное взаимодействие клавиатуры и мыши в мультимедийных учебниках как мануальные упражнения существенно развивают память. Отдельные произведения индивидуального авторского сознания (текст, изображения, звуковой ряд, видео) объединяются в новую систему. Мультимедиа в результате этого взаимодействия получает качества, которых нет у отдельно взятых произведений [1, 2].

Бесспорно, что мультимедийные технологии обогащают процесс обучения, позволяют сделать обучение более продуктивным, вовлекая в процесс восприятия учебной информации большинство чувственных компонент обучаемого. Мультимедийные технологии превратили учебную наглядность из статической в динамическую, то есть появилась возможность отслеживать изучаемые процессы во времени. Моделировать процессы, которые развиваются во времени, интерактивно менять параметры этих процессов, очень важное дидактическое преимущество мультимедийных обучающих систем [1].

Общим недостатком большинства существующих мультимедийных средств обучения остается то, что при разработке акцент делается не на обучение, не на помощь ученику, а на технологию программной реализации. Существует множество достаточно общих возможных негативных аспектов применения мультимедийных средств обучения в системе открытого образования.

**Самостоятельное обучение.** Некоторые ученики не способны воспользоваться той свободой, которую предоставляют мультимедийные материалы, основанные на гипертексте.

**Рассеивание внимания.** Нелинейная структура мультимедийной информации подвергает пользователя «соблазну» следовать по предлагаемым ссылкам, что при неумелом использовании может отвлечь от основного порядка изложения материала.

**Недостаточная интерактивность.** Уровень интерактивного взаимодействия очень далек от уровня общения между людьми.

**Недостаточные навыки обучаемых и педагогов.** Многие обучаемые, особенно в зрелом возрасте, могли никогда раньше не использовать компьютеры и средства мультимедиа в своей деятельности.

**Доступность.** Не все обучающиеся располагают требуемыми аппаратными и программными ресурсами, что может ограничить применимость обучения с применением новейших средств мультимедиа.

**Сложности настройки и использования программного и аппаратного обеспечения.** Для обеспечения эффективного педагогического использования учебных мультимедиа материалов программное и аппаратное обеспечение должно быть надлежащим образом настроено.

**Проблемы доступа в телекоммуникационные сети.** Недостаточно быстрый канал связи означает низкое качество звука, изображения, видео и другой мультимедиа информации [3].

Информационные технологии являются необходимой составляющей процесса использования информационных резервов общества, а ускорение динамики процессов во всех сферах человеческой деятельности привели к созданию новых средств их реализации. Широкое использование и постоянное усовершенствование компьютеров изменили характер труда и место человека в образовательном пространстве, в котором свое заслуженное место заняли мультимедийные технологии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аствацатуров, Г.О. Дизайн мультимедийного урока / Г.О. Аствацатуров. – Волгоград: Учитель. – 2009. – 133 с.
2. Дьяченко, Л.Г. Роль мультимедийных технологий в образовании / В.В. Дьяченко, Л.Г. Дьяченко. – М.: Безопасность жизнедеятельности. – 2003. – 65 с.

3. Пунчик, В.Н. Мультимедийное сопровождение учебного процесса / В.Н. Пунчик. – М.: Педагогика. – 2009. – 71 с.

УДК 004.9

Жвирко А.К., Качина М.Л.

## **КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Зуёнок А.Ю.*

Проникновение науки в жизнь людей, бурное развитие различных отраслей научных знаний (которое связано и с потерей актуальности информации) обуславливают необходимость готовить человека в школе иначе, чем в прежние годы. Еще несколько десятилетий назад объем научной информации, необходимой для решения производственно-технологических и социальных вопросов, удваивался каждые 7..10 лет, а, начиная с 90-х годов такое удвоение происходит за один – два года. В современных условиях отсутствие необходимых знаний может оказаться непреодолимым препятствием социального и научно-технологического прогресса, для преодоления которых традиционные методы освоения знаний человеком оказываются недостаточными.

Педагогика в современном мире переживает бурный период переосмысления подходов, отказа от некоторых устоявшихся традиций и стереотипов. В обучении особенный акцент ставится сегодня на собственную деятельность ребенка по поиску, осознанию и переработке новых знаний.

Диапазон использования компьютера в учебно-воспитательном процессе очень велик: от тестирования учащихся, учёта их личных особенностей до досуговых занятий, игр. Компьютер может быть как объектом изучения, так и средством обучения. При этом компьютер является мощным

средством повышения эффективности обучения. Компьютер значительно расширяет возможности предъявления учебной информации. Применение цвета, графики, звука, современных средств видеотехники позволяет моделировать различные ситуации и среды.

Необходимость компьютеризации учебного процесса заключается в том, что в настоящее время:

- во-первых, для обеспечения эффективности образовательного процесса и управления невозможно обойтись без информационных средств;

- во-вторых, выпускник должен быть адаптирован к жизни в условиях глобальной информатизации общества, т.е. необходимо снабдить его навыками пользователя современными информационными технологиями.

Основными целями компьютеризации педагогического процесса являются:

- формирование представления педагогического коллектива, сотрудников и учащихся об информационном обществе;

- признание приоритетного значения новых компьютерных технологий в деятельности учителя и администрации, в подготовке учащихся к жизни в обществе.

- формирование информационной культуры педагогического коллектива и учащихся;

- повышение эффективности образовательного процесса и работы педагогического коллектива посредством внедрения новых компьютерных технологий.

Основными задачами компьютеризации педагогического процесса являются:

- развитие творческого, самостоятельного мышления учащихся, формирование умений и навыков самостоятельной работы на компьютере;

- развитие материально-технической базы в школе в области информатизации;



- повышение информационной культуры педагогических и управленческих кадров;
- организация доступа педагогам и учащимся к информационным ресурсам сети Internet.

На наш взгляд существует ряд проблем, которые необходимо решать для повышения эффективности использования компьютера в учебном процессе:

- 1) недостаточная готовность учителей к работе в условиях применения компьютерных технологий;
- 2) недостаточное количество качественных учебных и других компьютерных программ и систем, которые могут быть использованы в образовательном процессе.

Первая проблема может быть решена путем повышения интереса к возможностям компьютерных технологий. А именно, проведение конкурсов различного масштаба по тематикам:

- «Применение ИКТ в работе учителя»;
- «Лучший мультимедийный проект учителя»;
- «Лучший электронный учебник»;
- «Лучший мультимедийный проект учащихся».

Основной целью проведения этих конкурсов является распространение опыта применения ИКТ в учебно-воспитательном процессе школ. Предполагается сбор и тиражирование на электронных носителях лучших учительских и ученических работ с целью распространения передового опыта использования ИКТ, тем самым решается и вторая проблема.

На данный момент практически во всех школах материально-техническая база позволяет внедрять компьютерные технологии в образовательный процесс.

Каждая школа имеет выход в Интернет, электронную почту, свой сайт, доступ к методическим порталам, а также систему для пересылки корреспонденции (приказов, распоряжений и других файлов) между ОУ и методическим центром, ОУ и управлением образования района. Компьютерные классы должны активно использоваться учителями-предметниками, потому что, такие

предметы, как география, физика, химия, трудовое обучение, биология и др. станут намного интереснее, насыщение и нагляднее. Как показывает педагогический опыт, применение компьютерных технологий для контроля знаний учеников позволяет:

- сократить время на проведение контроля и обработку результатов;

- повысить объективность результатов контроля;

- увеличить наглядность заданий.

Компьютеризация педагогического процесса – это еще один шаг вперед к совершенствованию образовательной системы:

- возможность организации дистанционного обучения (создание обучающих программ);

- виртуальное обучение, как новая ступень в развитии образования;

- увеличение наглядности в учебном процессе;

- использование информационных ресурсов сети Интернет в педагогическом процессе;

- применение ИКТ для контроля знаний учеников;

- развитие информационной культуры учеников (проектное обучение, моделирование, поиск информации в сети Интернет).

УДК 004.9

Зуёнок А.В., Зуёнок Д.В.

## **МЕДИАОБРАЗОВАНИЕ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Астапчик Н.И.*

Информационные и коммуникационные технологии, включая Интернет, постепенно вытесняют традиционные формы коммуникаций.

Нельзя не отметить, что сегодня в числе потенциальных пользователей Интернета находится много школьников подросткового возраста. Рост числа находящихся в индивиду-

альном пользовании компьютеров с одновременным повышением их мощности, расширение и увеличение пропускной способности каналов связи, увеличение объема информации, в том числе и образовательного характера, создание программных продуктов, облегчающих ее поиск и получение, делают Интернет важным фактором информационного взаимодействия. К Интернету подключаются общеобразовательные школы, подросткам предоставляется возможность пользоваться Сетью дома, в различных компьютерных клубах, в Интернет-кафе.

Цели медиаобразования ориентированы на приобретение учащимися знаний о коммуникациях и средствах массовой информации, адекватное понимание медиатекстов, использование средств коммуникации для творческого самовыражения. Одной из них является ориентация на использование новых информационных технологий, таких как мультимедиа и Интернет, обладающий мультимедийными информационными возможностями.

Среди всех целей медиаобразования приоритетное внимание в исследовании специфики информационного взаимодействия подростков и Интернет в аспекте медиаобразования необходимо особо уделить внимание тем медиаобразовательным целям, которые касаются двух аспектов функционирования информации: кодов, в которых она хранится, и технологии:

- включение внешкольной информации в контекст общего базового образования, в систему формируемых в предметных областях знаний и умений;
- формирование умений находить, готовить, передавать и принимать требуемую информацию, в том числе и с использованием различного технического инструментария (компьютеры, модемы, факсы, поисковые системы и др.).

При работе в Интернет есть специфика интеграции. С одной стороны Интернет выступает как источник информации. В сети находится много точек соприкосновения информации

и учебных предметов, важно только обеспечить их пересекаемость. С другой стороны, Интернет выступает как инструмент получения информации.

Таким образом, использование Интернета как средства массовой коммуникации в медиаобразовательных целях выполняет следующие функции: подача информации (как общеразвивающего и развлекательного, так и информацию учебного характера), обеспечение естественной коммуникации. Развиваются способности школьников воспринимать информацию с экрана, перекодировать визуальный образ в вербальную систему, оценивать качество и осуществлять избирательность информации, а также анализировать сообщения в широком смысле, ориентироваться на понимание скрытого смысла информации (интерпретация скрытого, оценка скрытого, принятие личностной позиции по отношению к скрытому). Вторая функция – овладение медиаобразовательными умениями использования технических средств, новых технологий поиска, переработки и представлению информации.

При обучении подростков работе с информационными технологиями в Интернете используются словесно-наглядные методы – беседа, рассказ, объяснение, самостоятельное изучение, сопровождаемое наглядным показом, как на компьютере, так и с использованием различных наглядных пособий – таблиц, плакатов. Проводится работа по изучению ресурсов сети и программ для их использования; со средствами поиска информации в Интернет – поисковыми системами и каталогами.

Определим минимальный набор медиаобразовательных требования, умений, показывающий готовность школьника к дальнейшей работе с информацией в Интернете и жизни в высокотехнологическом обществе:

- умение пользоваться программными средствами;
- умение пользоваться поисковыми системами и каталогами;
- умение сохранять информацию, добавлять в систему закладок;

- умение использовать информацию в повседневной жизни;
- умение целенаправленно находить нужную информацию;
- умение критически осмысливать информацию;
- умение перерабатывать и представлять информацию;
- умение осуществлять индивидуальную информационную защиту.

Медиаобразование является одним из способов индивидуальной информационной защиты. Если человек обучен целенаправленному поиску информации, то он работает в сети осознанно, а не спонтанно. В таком случае полнее раскрывается потенциал Интернета. Привитие инструментальных и медиаобразовательных навыков деятельности поднимает человека на более высокий уровень информационных и интеллектуальных возможностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров, А.В. Медиаобразование: история, теория и методика / А.В. Федоров. – Ростов: Изд-во ЦВВР, 2002. – 708 с.
2. Федоров, А.В. Медиаобразование: творческие задания для студентов и школьников / А.В. Федоров // Инновации в образовании. – 2006. – № 4. – С. 175–228.

УДК 372.862

Королик Е.И.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИМЕДИА В КОНТЕКСТЕ МОДУЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ТРУДОВОМУ ОБУЧЕНИЮ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Черновец В.И.*

На сегодняшний день во многих учебных заведениях как Республики Беларусь, так и за рубежом эффективно внедряется в практику модульная система организации учебно-воспитательного процесса.

Использование модульных технологий при проведении занятий по трудовому обучению имеет ряд преимуществ:

- каждый ученик включается в активную и эффективную учебно-познавательную деятельность, работает с дифференцированной по содержанию и дозе помощи программой;

- индивидуальный темп усвоения учебного материала для каждого учащегося;

- формирование субъект-объектных отношений между педагогом и учащимися, при этом учитель выступает в роли консультанта;

- возможность получения оперативной помощи со стороны учителя тогда, когда это необходимо;

- многократное повторение материала в течение урока (изучение, самоконтроль, резюме, выходное тестирование) [1].

При этом, каждый раздел программы по трудовому обучению разбивается на модули – целевые функциональные узлы, в которых объединено учебное содержание и технология овладения им.

Количество модулей зависит от конкретной темы, целей, подбора учебного материала. Обязательными элементами модуля являются: УЭ-0-цели и задачи; УЭ-1 -входной контроль; УЭ-(п)-выходной (завершающий) контроль; УЭ-(п)-рефлексия.

С целью совершенствования модульного обучения можно использовать мультимедиа.

В широком смысле «мультимедиа» означает спектр информационных технологий, использующих различные программные и технические средства с целью наиболее эффективного воздействия на пользователя (ставшего одновременно и читателем, и слушателем, и зрителем).

Благодаря применению в мультимедийных продуктах и услугах одновременного воздействия графической, аудио (звуковой) и визуальной информации эти средства обладают большим эмоциональным зарядом и активно включаются как в индустриальную, так и в образовательную сферу.

стрию развлечений, в практику информационных учреждений, так и в домашний досуг.

Экспериментально установлено, что при устном изложении материала обучающийся за минуту воспринимает и способен переработать до одной тысячи условных единиц информации, а при «подключении» органов зрения до 100 тысяч таких единиц. Поэтому совершенно очевидна высокая эффективность использования в обучении мультимедийных средств, основанных на зрительном и слуховом восприятии материала.

Технологии мультимедиа позволяют осмысленно и гармонично сочетать многие виды информации: с помощью компьютера представлять знания в различных формах:

- изображения, включая отсканированные фотографии, чертежи, карты и слайды;
- звукозаписи голоса, звуковые эффекты и музыка;
- видео, сложные видеоэффекты и анимационное имитирование; анимации и симуляции.

Мультимедиа может применяться в контексте самых различных стилей обучения и восприниматься самыми различными людьми: некоторые предпочитают учиться посредством чтения, другие – посредством восприятия на слух, третьи – посредством просмотра видео, и т.д.

В процессе работы с мультимедийными средствами изменяется и личностная регуляция мыслительной деятельности: повышается роль защитных механизмов личности, субъективный уровень достижимости цели, перестраиваются механизмы контроля деятельности, трансформируется мотивация. Воздействие на мотивационную сферу позволяет управлять целеобразованием. Возникает и новая форма общения между участниками открытого и дистанционного образовательного процесса, опосредствованная использованием новейших мультимедийных технологий.

Использование мультимедиа позволит осуществить:

- визуализацию учебной информации;

- моделирование и имитацию изучаемых процессов и/или явлений;
- выполнение практических работ в условиях имитации на компьютере реального опыта или эксперимента;
- усиление мотивации обучения за счет изобразительных средств или включения игровых ситуаций;
- формирование культуры учебно-познавательной деятельности;
- интенсификацию процесса усвоения материала;
- закрепление, углубление и систематизацию знаний, полученных на предыдущем уровне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Образовательные технологии в современной школе: материалы Респ. науч.-практ конф., 31 октября 2003 г. / редкол.: Н.К. Катович [и др.]. – Минск: НИО, 2004. – 324 с.

2. Яворская, Л.М. Трудовое обучение. Современные технологии обучения: пособие для учителей образовательных учреждений / Л.М. Яворская. – Минск: Пэйпико, 2008. – 99с.

УДК 378:004.К82

Кривостаненко Д.П., Бусел Л.В.

## **МУЛЬТИМЕДИЙНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ УЧЕБНЫХ РАЗДЕЛОВ ПО ПРЕДМЕТУ «ТЕХНИЧЕСКИЙ ТРУД»**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Афанасьева Н.А.*

*Успешность обучения во многом зависит от того, как сможет учитель заинтересовать учеников, повысить мотивацию учебной деятельности школьников, поэтому с целью активизации учебно-познавательной деятельности в учебном*



*процессе все чаще используются различные компьютерные средства.*

Объективной потребностью современного общества является поиск оптимальных путей организации учебно-воспитательного процесса, рациональных вариантов содержания обучения и его структуры. Представляется важным, что в школе проверяются разные стратегии обучения, так как чем больше альтернативных методических решений, тем плодотворней поиск новых путей обучения предмету в целом. Успех в обучении школьников может быть обеспечен такой методической системой, в основе которой лежит интерес детей к предмету. Однако, современная наука концентрирует внимание на теоретической разработке концепции и моделей компьютеризации образования, так как на данный момент, ввиду отсутствия стабильных позиций в этом вопросе, реальная компьютеризация учебного процесса на местах не соответствует оптимальному оснащению.

Уроки технического труда диктуют определённые правила. Одно из них – необходимо уметь абстрагироваться, чётко представлять то изделие, которое должно получиться. Тут встаёт вопрос недостаточной оснащённости кабинетов технического труда, отсутствие многообразия наглядных пособий. Для того, чтобы развить у ребёнка фантазию, необходимо показать ему как можно большее количество возможных комбинаций. Это можно сделать посредством распечаток, либо, так гораздо нагляднее, при помощи проектора, компьютера. Тогда у ученика сложится чёткое представление о существующем и он сможет добавить что-то своё.

Уроки технического труда относятся к урокам активного развития практических навыков, т.е. учащиеся для закрепления полученной информации делают какое-либо изделие своими руками. Совершенно естественно, что наиболее действенной формой объяснения на уроках технологии является наглядное. И тут опять появляются свои проблемы. В классе несколько учеников,

которые могут делать индивидуальные работы. Что делать учителю в таком случае? Он может показать основные приемы работы с инструментом, но ведь он не будет делать, и показывать задание каждого ученика. Одним из простых приёмов данной проблемы – является использование мультимедиа. Это могут быть обычные презентации, демонстрирующие пошаговое выполнение операции. Также это могут быть флеш-анимации, наглядно демонстрирующие процесс соединения. Само по себе использование на уроках технического труда информационных технологий – большой плюс в вопросе повышения интереса у учащихся, а значит и их успеваемости.

На педагогической практике в средней школе г. Минска, среди параллели 7 классов, мною был проведён эксперимент. Он заключался в выявлении изменения уровня интереса учащихся к предмету, а также уровня их знаний после применения на уроках технологии мультимедийного сопровождения.

По итогам нескольких «новых» уроков, учащимся были предложены анкеты, содержащие три вопроса, на которые необходимо было ответить да или нет. Анкета была представлена в виде таблицы 1.

Таблица 1

№	ФИО	Понравился вам сегодняшний урок?		Нравятся ли вам уроки труда?		Сможете ли вы самостоятельно изготовить, пройденное на уроках?	
		до	после	до	после	до	после

После интерпретации данных, было выявлено повышение интереса учащихся к предмету. Также при оценивании проверочных работ было отмечено повышения уровня знаний по данной теме.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов, В.В. Тенденции информатизации современного образования / В.В. Давыдов, В.В. Рубцов // Современная педагогика. – № 2. – 1999. – 365 с.
2. Уваров, А.Ю. Новые информационные технологии и реформа образования / А.Ю. Уваров // Информатика и образование, 1994. – С. 3.
3. Выготский, Л.С. Собрание сочинение / Л.С. Выготский. – М., 1972. – Т. 4.

УДК 621.002:658.152.011.46

Куделич Е.С.

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. экон. наук, доцент  
Балащенко В.Ф.*

Отечественная экономика переживает сейчас непростой период: спад производства в основных отраслях, проблемы на потребительском рынке, ухудшение финансового состояния организаций страны, нарастающий дисбаланс внешней торговли, медленная разгрузка складов от сверхнормативных запасов готовой продукции.

В таких условиях необходимо использовать весь имеющийся потенциал как на уровне государства, так и на уровне отдельных предприятий, искать принципиально новые пути сокращения издержек, повышения качества продукции с целью конкурентоспособности на мировых рынках.

Одним из стратегических путей повышения конкурентоспособности отечественных организаций бизнеса является внедрение современных логистических концепций и систем. С

логистическими системами связано получение 20-30 % валового национального продукта ведущих промышленно развитых стран. Как показывает зарубежный опыт, сокращение на 1 % логистических издержек эквивалентно почти 10 %-ному увеличению объема продаж фирмы. Внедрение современного логистического менеджмента в практику бизнеса позволит фирмам значительно сократить все виды запасов продукции в производстве, снабжении и сбыте, ускорить оборачиваемость оборотного капитала, снизить себестоимость производства, обеспечить наиболее полное удовлетворение потребителей в качестве товаров и сервиса.

Под влиянием мирового финансового кризиса отечественные производители и оптовые торговые организации встали перед необходимостью поиска и установления связей с новыми более надежными и выгодными поставщиками товаров. Это было вызвано сбоями в поставках, невыполнением договорных обязательств, требованием предоплаты за поставляемую продукцию.

Логистическая интеграция с поставщиками достигается за счет комплекса мер экономического, технологического, технического и методологического характера. В основе интеграции должна лежать ориентация на хорошие партнерские отношения, ориентация на готовность сделать встречный шаг.

В данной научно-исследовательской работе рассмотрены этапы выбора поставщика на примере выбора поставщика аккумуляторов для ЗАО «Свободная энергия». Актуальность данного исследования заключается в том, что на реальном примере продемонстрирована методика выбора оптимального поставщика в сложившихся негативных условиях в экономике, которая может быть применена любой фирмой в своей деятельности.

В ходе выполнения данной работы были решены следующие задачи: определение потребности в материальных ресурсах; исследование рынка закупок; выбор поставщиков, осу-

ществление закупок; контроль поставок; подготовка бюджета закупок; координация и системная взаимосвязь закупок со сбытом, складированием и транспортированием, а также с поставщиками.

ЗАО «Свободная энергия» одна из самых крупных товаропроводящих сетей в Республике Беларусь, специализирующаяся на торговле шинами и аккумуляторами, запасными частями для грузовой и сельскохозяйственной техники.

На сегодняшний день товаропроводящая сеть компании включает 32 региональных филиала по всей территории Республики Беларусь, которые обслуживают более 5000 клиентов. Единственным поставщиком аккумуляторов для фирмы на протяжении четырех лет был Подольский аккумуляторный завод. Отгрузка продукции происходила ежемесячно, каждая партия товара составляла 20 т., или 500 шт.

Однако последствия кризиса отразились на бесперебойном функционировании завода, что привело к сбоям в поставках готовой продукции и соответственно невыполнению договорных обязательств.

*Причины сбоев в производственном процессе завода:*

1. Из-за кризиса неплатежей за аккумуляторы в летний период завод не смог расплатиться за поставки цветных металлов, что привело к их временному прекращению.

2. После поступления достаточного количества сырья из-за перегрузки оборудования сломалась линия по заправке аккумуляторов, что привело к сбоям в работе производства.

Задержка поставки на месяц привела к финансовым потерям и снижению имиджа компании в глазах постоянных клиентов.

Учитывая, что страховой запас аккумуляторов на фирме составляет 20% от текущего запаса, потери прибыли за месяц составили:  $70525955 \cdot 0,8 = 56420764$  руб.

Как показывает мировой опыт в рыночных условиях целесообразно иметь нескольких поставщиков одного товара. Это

предотвратит зависимость от одного поставщика и позволит страховать такие риски, как перебои в поставках, рост цен у поставщика, его неудовлетворительное финансовое состояние, снижение качества продукции и т.д. Поэтому было принято решение о поиске альтернативного поставщика аккумуляторов.

Критериями выбора являются: наличие необходимого ассортимента; цена продукции; условия платежа; условия поставки; сроки удовлетворения заказа; гарантия на продукцию; бесперебойность поставок.

На первом этапе выбора поставщика проанализировали российский рынок аккумуляторных батарей. Поставщик из России является наиболее предпочтительным, т.к. российский рынок АКБ представлен значительным количеством производителей с оптимальным соотношением цены и качества, отсутствует таможенная граница, небольшая удаленность.

После выбора потенциальных поставщиков следующим этапом данного исследования был запрос предложений с ценой и условиями поставки АКБ. При помощи электронной почты и факсимильной связи была отправлена заявка всем заводам-изготовителям, вошедшим в исследование.

Определили стоимость поставки от каждого завода с учетом планируемого объема заказа и предлагаемой цены.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

Если учитывать совокупность критериев выбора полный ассортимент и приемлемая цена, то наиболее подходящим является «Алькор». При полном ассортименте продукции цена превышает цену существующего поставщика на 11,5%. К тому же при заключении дилерского соглашения есть вероятность дальнейшего небольшого снижения цены.

Таблица 1 – Сравнение стоимости поставки

Тип АКБ	Планируемый заказ, шт./мес.	Подольский АЗ	Тюменский АЗ	«Электроисточник»	TUVOR » Нижний Новгород	Алькор
				Саратов		Тюмень
<i>6СТ-55 АПЗ</i>	10	11260	13060	11158	12040	11880
<i>6СТ-60 АПЗ</i>	66	75174	91146	77880	82856,4	81899,4
<i>6СТ-62 АПЗ</i>	32	36960	46368	37760	42710,4	41747,2
<i>6СТ-66 АПЗ</i>	10	13630	16180	13980	15646	14796
<i>6СТ-75-77 АПЗ</i>	72	103968	126792	110448	112651,2	118742,4
<i>6СТ-90 -95 АПЗ</i>	148	257076	310356	-	308994,4	282117,6
<i>6СТ-100 АПЗ</i>	196	378280	494312		457993,2	425688,48
<i>6СТ-132-140 АПЗ</i>	36	90540	109008	-	114228	96966
<i>6СТ-190 АПЗ</i>	63	232533	300321	245637	310010,4	263043,9
<i>Всего</i>		1199421	1507543	496863	1457130	1336881

По условиям оплаты более предпочтительным является «Электроисточник» г. Саратов. Дело в том, что в рамках борьбы с «необоснованным импортом» Постановлением Нацбанка № 165 с 16 ноября запрещено проводить авансовые платежи по внешнеторговым операциям. Однако, возможно, после создания Таможенного союза данные ограничения будут пересмотрены.

Тюменский АЗ находится в более высокой ценовой категории, чем существующий поставщик.

Данную методику по установлению логистических связей между предприятиями можно с успехом применить на других предприятиях.

## **ЛИЗИНГ – ОДИН ИЗ ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. экон. наук, доцент  
Балащенко В.Ф.*

В условиях мирового финансового кризиса вступление Республики Беларусь в рыночную экономику неизбежно и требует решения ряда проблем, главными из которых являются: адаптация к возрастающей конкуренции, ограниченность финансовых ресурсов, повышение эффективности работы, как отдельных отраслей, так и каждого предприятия.

Без комплексного подхода к решению проблем предприятий переход к рыночной экономике для Беларуси будет затруднителен. Прежде всего, это касается повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и предприятий в целом.

Беларусь – страна с открытой экономикой и практически все предприятия находятся в условиях конкуренции с зарубежными и отечественными производителями, как на внутреннем, так и на зарубежных рынках. Поэтому сейчас стоит задача достижения конкурентоспособности продукции за счет повышения качества, снижения издержек, успешной продажи своей продукции.

Сегодня уже невозможно обеспечить динамический рост и конкурентоспособность предприятий без постоянного технического перевооружения и внедрения новых современных технологий.



Основная часть предприятий Республики Беларусь нуждается в современном и высокопроизводительном оборудовании и технике.

Как следует из данных статистики, уровень износа активной части основных средств по экономике в целом превысил предельную величину экономической безопасности по данному показателю (60%) и продолжает расти.

Особенно опасная ситуация сложилась в промышленности, так как уровень износа активной части основных средств составляет около 75%.

Высокий уровень износа основных средств:

- ◆ негативно влияет на конкурентоспособность экономики страны и перспективы ее роста;

- ◆ создает реальные угрозы окружающей среде и здоровью работников, использующих изношенные средства производства в своей трудовой деятельности по причине высокой аварийности, устаревших технологий и оборудования;

- ◆ способствует росту расходов на текущий и капитальный ремонт.

Работая на изношенном оборудовании, предприятия не способны производить высококачественную, а тем более конкурентоспособную продукцию. В результате затрудняется выход на мировой рынок, так как аналогичная продукция, производимая с помощью передовых технологий и нового оборудования, легко вытесняет такой товар с рынка и не дает занять определенную нишу даже при производстве взаимозаменяемой и взаимодополняемой продукции.

Современный уровень экономики свидетельствует о значительной потребности Беларуси в инвестициях для технического перевооружения и внедрения новых технологий практически во всех отраслях промышленности.

Белорусские предприятия не имеют финансовых средств для технического перевооружения. Дотации государства используются на погашение текущих долгов. Банки предпочитают вари-

ант краткосрочного коммерческого кредитования под высокие проценты, которые трудно возместить прибылью от производственной деятельности. Ограничены и возможности привлечения иностранного капитала из-за высоких рисков инвестора, связанных с несовершенством законодательной базы, регулирующей инвестиционные отношения.

Поэтому в сложившейся ситуации одним из наиболее эффективных инструментов финансирования реального сектора экономики может стать лизинг. Он выгоден всем участникам лизинговых операций и государству в целом, способствует:

- ◆ ускорению обновления основных средств;
- ◆ созданию новых рабочих мест, увеличению выпуска продукции и повышению её конкурентоспособности;
- ◆ развитию наиболее эффективных производств;
- ◆ в значительной степени снятию с государства нагрузки по финансированию тех или иных отраслей экономики;
- ◆ ускорению процессов приватизации;
- ◆ притоку в страну иностранных инвестиций;
- ◆ повышению эффективности инвестиций.

В настоящее время на лизинговые операции в развитых странах приходится 25..30% от общего объема инвестиций, в Республике Беларусь этот показатель составляет 2,5..3 %.

Опыт зарубежных государств показывает, что именно в период экономических кризисов лизинг становится наиболее эффективным средством обновления технической базы предприятия. Причинами этого являются те преимущества, которые предоставляет лизинг по сравнению с другими источниками приобретения основных средств:

1. Не требует крупных единовременных финансовых затрат для приобретения оборудования.
2. Лизинговые платежи включаются в себестоимость, что позволяет уменьшать размер налогооблагаемой базы по налогу на прибыль.

3. Предоставляет возможность применения ускоренной амортизации.

4. Не требует незамедлительного начала платежей.

5. Учет и амортизация лизингового имущества производится на балансе лизингодателя.

6. Лизинговое соглашение (договор) и режим лизинговых платежей разрабатываются с учетом особенностей каждого лизингополучателя.

В то же время лизингу присущи определенные недостатки: ставка лизинга выше ставки по кредиту; в случае если научно-технический прогресс делает изделие устаревшим, при финансовом лизинге арендные платежи не прекращаются до окончания контракта; лизинговые платежи способны привести к увеличению цены товара и снизить его конкурентоспособность.

За счет разветвления лизинговых операций представляется возможным: осуществить продвижение производимой отечественной промышленностью продукции на внутренний и международный рынок, обновить основные средства предприятий, а также привлечь иностранные инвестиции.

Для того, чтобы лизинг развивался быстрее необходимо решать проблемы, которые возникают у него на пути: высокие ставки на рынке кредитных ресурсов; большие таможенные платежи; политика сдерживания цен; значительное налоговое бремя на субъекты хозяйствования; низкая рентабельность белорусских предприятий и дефицит ресурсов в банковском секторе.

Правовая и экономическая среда существования лизинга в Беларуси, а также опыт и результаты его использования на национальном рынке позволяют говорить о следующем:

♦ лизинг является одним из эффективнейших на сегодняшний день механизмов обновления основных средств предприятий;

◆ состояние нормативной базы по лизингу в Беларуси в целом говорит о высоком потенциале и преимуществах его использования;

◆ сложившиеся экономические условия, а также ограничения, установленные отдельными нормативными актами, создают препятствия на пути реализации преимуществ использования и развития лизинга.

От скорейшего решения указанных проблем будет в значительной мере зависеть возможность увеличения темпов роста реального сектора экономики в целом благодаря использованию всего потенциала такого ценного, подтвердившего свою эффективность международным опытом, экономического инструмента, как лизинг.

УДК 37.02

Лозовик Т.В.

## **РАБОТА КЛАССНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ ПО РАЗВИТИЮ ОДАРЕННОСТИ ДЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент  
Черновец В.И.*

Реализация принципа индивидуализации обучения предполагает расширение возможностей реализации новых способов и форм обучения с использованием современных компьютерных технологий. Проведенные исследования показали, что в работе классного руководителя использование компьютерных технологий способствует развитию одаренности детей.

Детская одаренность – это важнейшая мировая, комплексная, психолого-педагогическая и социально-общественная проблема

во всех развитых странах. Мы все слышали о вундеркиндах, еще в годы детства поражающих своими удивительными способностями. История знает случаи, когда многие выдающиеся люди уже с детства блистали незаурядными способностями. Основатель кибернетики Н. Винер так и назвал свою автобиографическую книгу «Бывший вундеркинд» (он в 12 лет поступил в университет, а в 14 лет уже имел первую ученую степень). Вундеркиндом, например, считался Виктор Гюго, который в 15 лет получил почетный отзыв французской академии [1, 2].

Проблема одаренности в настоящее время становится все более актуальной. Это, прежде всего, связано с потребностью общества в неординарной творческой личности. Неопределенность современной окружающей среды требует не только высокую активность человека, но и его умения, способности нестандартного поведения [3].

В современной педагогике и образовательной практике обучение одаренных детей чаще всего рассматривается как глобальная педагогическая задача. В соответствии с философией этого подхода гений, талант не принадлежит отдельному человеку или стране, где он родился, они – достояние планеты. Поэтому все одаренные дети должны находить поддержку в сфере образования, где бы они ни родились и ни жили.

Ясно, что необходимо специальное квалифицированное психологическое и педагогическое взаимодействие для решения различных проблем, помощь в развитии талантливой личности. Вместе с тем проблематика выявления одаренности в сфере новых информационных технологий (далее ИКТ), а также изучения роли компьютеров в обучении и развитии одаренных детей оказалась малоизученной, несмотря на всю ее актуальность.

Изучению специфики взаимодействия детей и подростков с компьютерами посвящено множество исследований (М. Коул, С.Пейперт, А.В. Беляева, С.Л. Новоселова, Ш. Текл и др.) Однако в указанных работах, как правило, не учитываются особенности обучения и развития одаренных учащихся. Вместе с

тем игнорирование этих особенностей может резко снизить эффективность соответствующих компьютерных программ. Многочисленные исследования показали, что процесс обучения одаренных детей характеризуется ярко выраженной спецификой. Эти дети в меньшей степени, чем их одноклассники, нуждаются в помощи взрослых.

Можно предположить, что разработка специальных компьютерных обучающих программ, расширяющих возможности реализации новых способов и форм самообучения и саморазвития, а также компьютеризация контроля знаний будут способствовать реализации принципа индивидуализации обучения, столь необходимого для одаренных учащихся. В традиционных обучающих программах приобретение знаний, навыков и умений, как правило, оттесняет на второй план проблемы развития детей и их коммуникативных способностей [4]. Подобный подход недопустим при обучении одаренных учащихся, поскольку он может усиливать резонанс в их психическом развитии. Таким образом, возникает необходимость в создании принципиально новых компьютерных обучающих, и развивающих программ для одаренных школьников, широко использующих новейшие тенденции в развитии ИКТ. Этому способствует и появление интерактивных карт, работа с интерактивной доской, представление презентаций и т.д. Для современных детей и подростков Интернет – это, помимо прочего, один из способов доступа к нужной информации, в том числе об олимпиадах и конкурсах. Ничто не мешает принять в них участие – непосредственно или опять-таки посредством информационных технологий (как часто говорят, дистантно, или виртуально). Тематическая область таких конкурсов и олимпиад весьма разнообразна. Это традиционные школьные дисциплины, программирование, интернет-технологии, разработка web-сайтов, литературные конкурсы, сочинение и исполнение музыки, выполнение заданий экологического характера, соревнования по астрономии, по знанию иностранных языков, по истории, по

географии и страноведению, состязания любителей традиционных игр (например, шахмат) и бытующих только в Интернете игр. Отдельное место занимает изобразительное искусство, включая компьютерную графику, дизайн, анимацию. Для проверки и демонстрации своих талантов и эрудиции можно принять участие в соревнованиях «знатоков» в рамках интернет-клубов «Что? Где? Когда?» (Говорун, 2000).

Объектом исследования являются учителя в ГУО СОШ №94 г. Минска.

Предмет исследования: работа классного руководителя по развитию одаренности детей.

Исследование проводилось с целью выявления проведения классными руководителями работ с одаренными детьми с использованием современных компьютерных технологий.

В исследовании принимало участие 15 учителей ГУО СОШ № 94 г. Минска. Средний стаж педагогической деятельности у учителей школы – 16 лет.

Для того, чтобы выявить проводятся ли классными руководителями работы с одаренными детьми. Бланк для заполнения состоит из 7 вопросов. Перед тем как отвечать на поставленные вопросы, учителя должны были заполнить графы Ф.И.О., стаж.

Проведя анкетирование среди учителей, можно сделать вывод о том, что в школе существуют программы работы с одаренными детьми и они индивидуальны, их необходимо совершенствовать. Они все считают, что дети одарены природой изначально. Многим нравится организовывать работу с одаренными детьми, но некоторые испытывают трудности.

Учителя согласны с мнением, что с применением Интернета на уроках можно расширить кругозор учеников и повысить их интерес к любому предмету школьной программы. Школа должна подготовить учащегося к «плаванию» в нашем информационном мире. Учитель, владеющий компьютером, должен считать приоритетным использование в процессе обучения информационных технологий. Компьютерная технология разви-

вает идеи программированного обучения, открывает совершенно новые, еще не исследованные технологические варианты обучения, связанные с уникальными возможностями современных компьютеров.

Ученик на таких уроках работают активнее: самостоятельно анализируют, сравнивают, описывают, выполняют практические работы на компьютере в виде презентации. Для этого приходится изучить большое количество материала, поработать с сетью Интернет. Тут им на помощь приходит их помощник – учитель, который всегда поможет подобрать материал, объяснит, как лучше его сгруппировать. Использование компьютера на уроках учитель должен вводить не вместо, а наряду с другими современными технологиями и методиками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альминдеров, В.В. Интеллектуально одаренные дети и новые информационные технологии / В.В. Альминдеров, О.Б. Поповичева // Сборник докладов 2-й международной конференции «Интеллектуальная и творческая одаренность. Концепции. Проблемы. Перспективы», Варна 9-12 мая 1995. – С. 81–83.
2. Одаренные дети / под ред.: Г.В. Бурменской, В.М. Слуцкого. – М., 1991.
3. Матюшкин, А.М. Загадки одаренности / А.М. Матюшкин. – М., 1993.
4. Программа «Одаренный ребенок». Осн. положения / Л.А. Венгер [и др.]. – М., 1995.



## **ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В КРИЗИСНЫХ УСЛОВИЯХ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. экон. наук, доцент*

*Балащенко В.Ф.*

Самая обсуждаемая тема в последние годы – мировой финансовый кризис. А это говорит о том, что финансовый кризис перестал быть проблемой только лишь финансовых структур. Негативные последствия кризиса сегодня ощущаются в той или иной степени во всех отраслях, в том числе и в сфере логистики. Поэтому возникает необходимость некоторых преобразований для повышения эффективности работы этой системы.

Эволюция логистических систем за рубежом доказывает, что они становятся одним из важнейших стратегических инструментов в конкурентной борьбе не только для отдельных организаций, но и страны в целом. В Республике Беларусь сложилась несколько иная ситуация. В силу объективных причин исторического, политического, экономического характера имеет место определенное технологическое отставание в области логистики. По итогам проведенных в 2007 году экспертами Всемирного Банка исследований, посвященных мировой логистике, белорусская логистическая система заняла в общем списке 140 стран 74-е место. Это всего на позицию ниже, чем Украина (73-е место), но выше России (99-е место). Мировой рейтинг возглавил Сингапур, за ним – Нидерланды и Германия. Из стран нашего региона лучшие показатели у Польши и Латвии – 40-е и 42-е места, соответственно.

Если говорить кратко об особенностях белорусского логистического рынка, то, он находится на стадии выжидания. Т.е. определенная конъюнктура уже сформирована, но инвесторы и новые участники сейчас анализируют ситуацию и прогнози-

руют ее улучшение с точки зрения законодательной базы и влияния экономического кризиса.

В современной рыночной среде процесс совершенствования логистического управления товародвижением объективно приводит к усилению интеграции организаций, участвующих в перемещении товаров. Возникает необходимость регулирования всей системы движения товаров, при этом эффективность цепи поставок определяется уровнем организационного оформления хозяйственных связей всех участников товародвижения.

Для улучшения этой взаимосвязи требуется создавать сеть логистических центров.

Различают 2 типа логистических центров:

1. **Региональные логистические центры** (мультимодальные и грузовые терминалы) – крупные, хорошо оснащенные предприятия, предназначенные для оказания услуг другим предприятиям. Спектр их услуг обычно очень широк, поэтому региональные логистические центры имеют большое число подразделений, предназначенных для их решения. Обычно специализируются на массовой переработке грузов по заказам компаний.

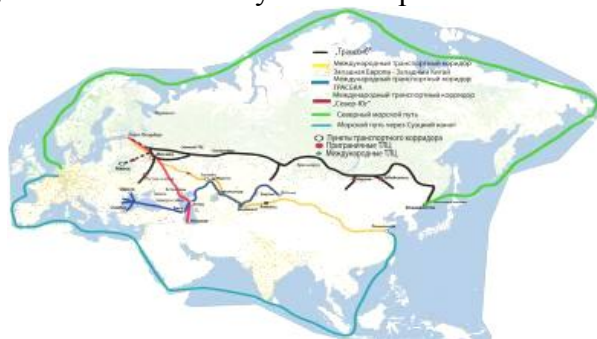
2. **Логистические центры компаний.** Их структура зависит от профиля и размеров предприятия. На мелких фирмах это может быть небольшая группа специалистов логистов и два-три компьютера. На крупных фирмах это крупные подразделения с многочисленным штатом и значительным количеством техники, объединенной в локальную сеть с выходом в интернет.

*Так зачем же нужны логистические центры?*

В последнее время все больше и больше компаний передает часть своих функций на аутсорсинг. Этот термин происходит от английских слов «outside resource using» – «использование внешних ресурсов» – и означает передачу некоторых функций компании внешним исполнителям. Как показывает мировая практика, в первую очередь компании передают логистические функции на аутсорсинг. В качестве аутсорсера выступает специа-

лизированная компания – логистический провайдер (логистический центр) – это организация, оказывающая услуги в сфере логистики и выполняющая отдельные операции или комплексные логистические функции (складирование, транспортировка, оформление и консолидация грузов), а также осуществляющая интегрированное управление цепочками предприятия клиента.

По оценке западных специалистов к 2010 г в крупнейших транспортных узлах мира будет создано около 60..70 логистических центров международного уровня, которые будут связаны между собой интермодальными транспортными коридорами с подключением к ним региональных логистических систем, обеспечивающих выход к каждому грузоотправителю и грузополучателю. Такая организация доставки грузов повысит эффективность транспортно – распределительного процесса более чем на 30..40%, что очень важно в условиях кризиса.



Целесообразность использования логистического аутсорсинга определяется для компании заказчика **следующими причинами:**

1. Тесная взаимосвязь предприятий-производителей и поставщиков продукции с предприятиями транспортной отрасли во всех звеньях создания добавленной стоимости.
2. Возможность для производителей отказаться от непрофильных видов деятельности (логистика).
3. Повышение гибкости в отношении развития как собственной организации, так и ее деятельности на рынках.

4. Использование всех преимуществ логистического подхода к управлению собственной деятельностью без необходимости развивать собственные компетенции в этой сфере.

5. Снижение общих затрат, снижение структуры затрат

6. Комплексное логистическое обслуживание высокого качества, которое обеспечивает провайдер.

7. Повышение качества услуг для конечного потребителя, что положительно отражается на имидже компании заказчика.

Все эти преимущества создания транспортно логистических центров были заложены в «Программе развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2015 года» от 29.08.2008 . И только спустя 2 года после принятия программы 3 марта 2010 года открылся первый транспортно-логистический центр «Минск-Белтаможсервис»

Но почему же такие логистические центры так медленно создаются. Основными причинами, которые препятствуют созданию этих центров являются:

1. Высокая стоимость капитальных вложений и долгим сроком окупаемости капитальных вложений. Это вызвано тем, что ТЛЦ – это комплекс зданий и сооружений, требующих больших средств. У государства таких средств нет, а инвесторы неохотно стремятся вкладывать деньги, они хотят быстро вернуть вложенные инвестиции.

Зарубежный опыт создания подобных центров показывает, что в их строительстве коренным образом заинтересованно государство. Развивая широкую сеть логистических центров государство достигает решения многих задач.

2. Отсутствие единой региональной интегрированной информационной системы, совместимой с АСУ всех видов транспорта.

3. Отсутствие преференций за пределами страны. У нас нет перспективных межгосударственных соглашений, позволяющих выйти на российский рынок. Нас постоянно ограничивают квотами и, как результат, многие белорусские перевозчики

регистрируются в России и соответственно налоги платят уже не в нашу казну, получая тем самым те самые преференции, которых нам не хватает.

4. Проблема развития дорожной инфраструктуры. Эффективность функционирования ТЛЦ напрямую зависит, в частности от развития автодорожной и железнодорожной сети. У нас даже при создании простого складского комплекса девелопера нагружают строительством дорожных развязок и других подобных сооружений. Это очень сильно отпугивает инвесторов.

5. Из сегмента спроса исчезли и продолжают исчезать основные потребители логистических услуг. Это вызвано тем, что собственную транспортную систему крайне сложно продать и перейти на обслуживание в открытые ТЛЦ. Остаются, конечно, клиенты второго эшелона – фирмы с относительно небольшими оборотами и товарами с невысокой добавленной стоимостью. Соответственно и доходность терминалов от их обслуживания будет невысокой.

6. Сверхвысокая стоимость складских услуг – до 1 USD за одно паллет-место в сутки. Это втрое больше, чем в центральном регионе России или Литве. При этом у нас все складские услуги фактически сводятся лишь к ответственному хранению. В то же время доходы современного европейского ТЛЦ на 70% формируются за счет операций, связанных с обработкой товаров: отборка, упаковка, предпродажная подготовка, маркировка и стикировка, восстановление брака, складской учет, инвентаризация и т.д. То есть речь идет о комплексе терминальных операций, который в Беларуси практически никто не выполняет.

7. Многие отечественные экспортно-импортные компании предпочитают держать свои товарные запасы на литовских ТЛЦ. В этом случае отпадает необходимость в одномоментном отвлечении средств на таможенную очистку всех запасов (а это в среднем не менее 30% от стоимости хранимых

товаров). При этом временное плечо от Вильнюса до Минска составляет всего двое суток (190 км) с учетом времени на таможennую очистку, что вполне позволяет оперативно реагировать на колебания спроса.

8. Привязанность многих отечественных предприятий к самостоятельному поиску и доставки материалов, товаров. В системе бухучета нет методик, которые бы могли подсчитать общие издержки. Поэтому создается иллюзия рационального подхода к закупкам: куплено дешевле и без посредников. Такая псевдоэкономия снижает роль добросовестных фирм, владеющих качественным товаром.

Важность логистики для руководителей компаний подчеркивается не вымышленной погоней за модными тенденциями, а реальной выгодой, выраженной в снижении издержек, получаемой от внедрения решений по оптимизации логистических цепочек. Это также и серьезное преимущество в конкурентной борьбе, ведь при правильно и профессионально спланированной логистической деятельности обеспечиваются своевременные поставки товаров, а значит, и удовлетворение заинтересованных сторон (потребителей, покупателей).

Следовательно, в настоящее время требуется больше уделять внимания созданию транспортно – логистических центров, привлечению инвесторов к их строительству и созданию благоприятного климата для успешного их функционирования, что очень важно в условиях кризиса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь 29.08.2008 № 1249 «Программа развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2015 года»

2. Пелих, С.А. Организация производства в условиях переходной экономики / С.А. Пелих; под общ. ред. С.А. Пелиха; Академия управления при Президенте Республики Беларусь. 4-изд., изм. и доп. – Минск: Право и Экономика, 2009. – 578 с.

3. Розина, Т.М. Логистические центры – основа интегрированной логистической системы Беларуси / Т.М. Розина // Новая Экономика. – 2009. – № 3–4. – С. 58–68.

УДК 658.1.012.2

*МИЛАНОВИЧ Д.Ю.*

## **ВОЗРАСТАНИЕ РОЛИ КОММЕРЧЕСКОГО КРЕДИТА В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. экон. наук, доцент  
Балащенко В.Ф.*

Сегодня во всем мире наблюдается финансовый кризис, который коснулся и экономики Беларуси. Конъюнктурный опрос 2029 предприятий Беларуси, проведенный Национальным банком в январе 2009 года, показал, что страна вошла в структурный, экономический кризис.

В таких условиях все больше предприятий для снижения запасов на складах применяют схему коммерческого кредита. Коммерческий кредит возникает в результате того, что функционирующие товаропроизводители при покупке товаров предоставляют друг другу отсрочку платежа, тем самым они стимулируют сбыт своего товара. Одновременно коммерческий кредит ускоряет процесс общественного воспроизводства и уменьшает время пребывания капитала в товарной форме.

Предприятие может одновременно получать и выдавать коммерческий кредит. В связи с этим размер коммерческого кредита для отдельного предприятия можно определить как разницу между ценой товаров, поставленных покупателям на условиях отсрочки платежа и ценой товаров, полученных от поставщиков на аналогичных условиях.

Использование коммерческого кредита приводит к тому, что он:

- способствует перераспределению капиталов между предприятиями и отраслями, поскольку, выполняя перераспределительную функцию, он может в известной мере заменять банковский кредит. В данном случае поставщики-кредиторы имеют более легкий доступ к банковским ресурсам (через операцию учета векселей в банке), чем заемщик, находящийся в затруднительном финансовом положении в связи с необходимостью выплатить заработную плату;

- расширяет и облегчает реализацию товара, способствуя, в конечном счете, ускорению кругооборота капитала. Поэтому закономерно, что в периоды экономических кризисов естественным является абсолютное сокращение объемов коммерческого кредита или снижение темпов его роста;

- может способствовать ускорению оборачиваемости оборотных средств, поскольку создаются дополнительные возможности для сокращения запасов и реализации товарно-материальных ценностей, превышающих объективные потребности предприятия-кредитора;

- содействует улучшению качества кредитно-расчетного обслуживания на основе расширения видов услуг и возможности большего выбора клиентом наиболее удобных форм кредитных отношений.

В настоящее время имеющихся в распоряжении субъектов хозяйствования денежных средств недостаточно для ликвидации задолженности и полного перехода на использование только денежных средств в расчетах. Поэтому проведение зачетов и осуществление других неденежных форм расчетов выступает важным способом решения проблемы задолженности, обеспечения выполнения бюджета и т.п.

Вместе с тем необходимо отметить, что использование коммерческого кредита нуждается в управлении. При предоставлении коммерческого кредита необходимо провести ана-



лиз финансового положения покупателя, его имиджа. При досрочной оплате приобретаемой продукции предприятием-покупателем ему необходимо предоставлять скидку. В дальнейшем нужно производить постоянный контроль за оплатой коммерческих кредитов.

Использование неденежных форм расчетов имеет ряд преимуществ:

- нет необходимости исключать из оборота денежные средства;
- достигается экономия времени;
- уменьшаются затраты на банковское обслуживание;
- уменьшаются убытки в виде упущенной выгоды за время нахождения денежных средств «в пути» и т.л.

Внедрение вексельного кредита как одной из форм коммерческого кредита дает возможность предприятиям расплатиться за приобретенные товары и услуги и в то же время максимально сократить расходы на обслуживание долга. Острая нехватка оборотных средств, вызванная ростом цен, неплатежей и т.п. подталкивает предприятие к обращению в банк за кредитами. Использование вексельного кредита позволяет получить предприятиям под приемлемую процентную ставку надежное платежное средство для расчета с партнерами.

Вексель, являясь средством оформления кредита, предоставляемого в товарной форме продавцами покупателям в виде отсрочки уплаты денег за проданные товары, способствует ускорению реализации товаров и увеличению скорости оборота оборотных средств, что приводит к уменьшению потребности хозорганов в кредитных ресурсах и денежных средствах в целом.

Достижение отмеченного требует:

- чтобы срок векселя соответствовал действительным срокам реализации товаров. В противном случае не гарантируется оплата векселя в срок;

– оформление векселями только товарных сделок, имеющих целью действительное передвижение реальных ценностей.

Погашение целого ряда обязательств при помощи такого векселя без участия денег позволяет уменьшить потребность в них. Необходимым условием развития вексельного рынка Республики Беларусь является создание эффективной нормативно-правовой и технической базы для осуществления вексельных расчетов. Для развития вексельного рынка в условиях современной экономики Республики Беларусь также необходимым является государственное регулирование для поддержания интересов отечественных участников вексельного рынка и поддержания конкурентоспособности белорусских предприятий.

На сегодняшний день в Республике Беларусь делаются попытки для возобновления вексельных форм отсрочки. Министр экономики РБ на заседании Президиума Совета Министров 24 февраля 2009 года заявил, что министерство предлагает расширить использование банковских векселей в расчетах. По его словам, в условиях недостатка оборотных средств у предприятий необходимо вернуться к расширению вексельного обращения. Он отметил, что вложение средств в банковский вексель обладает преимуществом по сравнению с депозитным вкладом, так как предоставляет предприятию возможность при необходимости оперативно использовать вексель в расчетах за сырье, материалы, комплектующие и услуги. При этом вексель сам по себе не увеличивает денежные ресурсы.

Минфину, Нацбанку и Минэкономики необходимо принять меры по возобновлению выпуска векселей крупными системообразующими белорусскими банками для расширения инструментов привлечения денежных средств и использования векселей в расчетах между субъектами хозяйствования внутри страны. В настоящее время в связи с возникающими проблемами по своевременному проведению платежей за произведенную продукцию и оказанные услуги действительно возникла

необходимость в использовании вексельных расчетов как одного из лучших инструментов по развязке неплатежей.

Следует сформировать рынок долговых обязательств, котируемых на долговом сегменте финансового рынка и необходимых для выявления реальной цены активов и пассивов предприятий (определение рыночной цены фирмы), необходимо упрощение процедур уступки права требования на активы. По усмотрению органов государственного управления на рынок могут быть выпущены обязательства предприятий, не являющихся стратегическими с точки зрения государственных интересов и имеющих существенную просроченную задолженность перед бюджетом. Важно также создать соответствующую инфраструктуру для рынка долговых обязательств: депозитарный учет, торговые площадки, информационное обеспечение. Под информационным обеспечением в данном случае подразумевается широкое публичное освещение деятельности предприятий-должников: финансовой, коммерческой и производственной сторон.

Более широкое использование коммерческого кредита в период экономического кризиса позволит предприятиям в определенной мере снизить остатки товаров на складах и ускорить оборачиваемость оборотных средств.

УДК 621

Новиков В.А., Шостак О.Р., Соломахо Д.В.

## **МЕТОДОЛОГИЯ OLTP В СФЕРЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

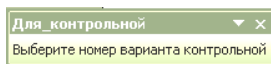
*МИТСО, Минск, Беларусь*

Организация самостоятельной работы не может быть эффективной при несоответствии требований с прозрачным процессом выдачи комплекса заданий. Существенное повышение синергизма процессов в преподавании можно достичь привлечением компьютерных технологий при выдаче и кон-

троле индивидуальных заданий. Это, во-первых, значительно облегчает процесс выдачи задания преподавателем и процесс получения задания студентом. С другой стороны, такая методика стандартизирует процесс. Методология OLTP обязывает к реализации наиболее простого и доступного процесса получения информации в электронном виде. Более того, при острой необходимости клиент должен иметь возможность получения бумажного документа стандартизированного формуляра.

В данной работе предлагается методика выдачи индивидуальных заданий в электронном виде с соблюдением, как нам кажется, концепцию OLTP.

Для выдачи индивидуального задания использован электронный вариант всех заданий. С использованием макроса в Word все задания скрыты от просмотра, кроме общей инструкции по выполнению задания. При загрузке документа на экране появляется кнопка.



С использованием этого окна формируются варианты задания. В поле, помеченном как «Введите\_свою\_фамилию\_имя\_отчество» набирается ФИО студента. Параллельно в большом окне высвечивается вариант задания. Нажатие кнопки внизу диалогового окна приводит к формированию соответствующего варианта задания. Макрос реализован в среде VBA и состоит из двух частей. Небольшой программный код записан в общем модуле и служит для скрытия текста заданий в исходном документе.

Формуляр текста выданного задания приведен ниже:

**ФИО: Давидович Петр Александрович Группа:511(з)**

**Вариант:3**

**Задание 1**

Вариант 1.3

**Задание 2**

Общая формулировка 2

## Вариант 2.3

### Задание 3

Общая формулировка 1

Вариант 3.3

### Задание 4

Общая формулировка

Кафедра логистики (ауд.501)

Вариант контрольный

Введите\_своё\_фамилию\_имя\_отчество: Димидов Петр Александрович

Ваш\_вариант\_контрольной: 3

Выход

Введите\_номер\_группы: 5110

Получите\_документ\_по\_контрольной\_работе:

Для работы макроса исходный документ предварительно необходимо отформатировать и он состоит из двух частей. Первая часть является непомеченным блоком и открыта для просмотра. В этой части приводится пример выполнения индивидуального задания и пример оформления отчета. Эта часть является общей для всех студентов и может быть выведена на печать.

Вторая часть состоит из помеченных блоков и скрыта от просмотра. В эту часть документа входят следующие блоки:

- блок реквизитов кафедры;
- блоки общей формулировки варианта;
- блоки индивидуальной формулировки варианта.

Каждый скрытый блок ограничивается с двух сторон ссылками (bookmark).

Блоки в документе можно располагать в любой последовательности, но лучше придерживаться логической смысловой последовательности документа. Блок реквизитов кафедры должен ограничиваться метками `start_kaf` и `end_kaf`. Блок общей формулировки варианта должен ограничиваться метками `startJ_k` и `endJ_k`, где `J` – номер задания, `k` – номер общей формулировки в задании (например, `start2_1`).

Блоки индивидуальной формулировки варианта должны ограничиваться метками `startJ_i_k` и `endJ_i_k`, где `J` – номер зада-

ния,  $i$  – номер варианта задания,  $k$  – номер общей формулировки в задании  $J$ . Значение 0 для  $k$  означает отсутствие в этом варианте общей формулировки. Необходимым условием работы макроса является задание номеров вариантов начиная с 1 и далее через 1 без пропусков нумерации. Номера  $k$  общих формулировок могут быть произвольными.

Каждый вариант задания может сопровождаться правильным ответом для задачи. Это позволяет студенту надежно знать, что задача решена без ошибок.

Макрос автоматически вычисляет число вариантов в задании и на основе этого формирует при наборе ФИО номер варианта. Число вариантов во всех заданиях должно быть одинаковым. Макрос автоматически определяет число заданий.

Предлагаемая методика выдачи индивидуального задания может быть доработана для случая, когда предусматривается несколько заданий с разным числом вариантов. В этом случае нет необходимости в выводе и фиксации номера варианта, а по каждому заданию формируется свой вариант. Для возможности контроля выходного документа в этом случае нельзя использовать случайное формирование вариантов. Наиболее приемлемым способом может быть алгоритм, в котором используются только буквы фамилии-имени-отчества с добавлением по циклу очередной буквы для очередного задания. Такое формирование вариантов полностью исключает возможность идентичных заданий у двух студентов и гарантирует случайный механизм их формирования.

На практике данная методология реализована следующим образом. На установочном занятии студент формирует себе задание. Преподаватель проверяет правильность идентификации варианта по сформированному документу. После этого доку-

мент распечатывается и преподаватель ставит на нем свою подпись. Данный документ обязателен для представления в отчете выполненного задания.

Предлагаемая методика проста с точки зрения механизма выдачи заданий и не имеет сложных процедур языка VBA при реализации методологии.

УДК 37.02

Прокопенко И.В.

## **ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧИТЕЛЯ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*  
*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент*  
*Черновец В.И.*

Актуальность темы обусловлена тем, что понятие «инновация» сегодня прочно входит во многие сферы деятельности человека. В исследовании принимало участие 15 учителей ГУ О СОШ № 94 г. Минска. По результатам исследования можно сделать вывод о том, что многие из учителей используют в своей преподавательской деятельности несколько методов организации учебно-воспитательного процесса, что способствует созданию в школе определённой инновационной среды.

Инновации (от англ. Innovation – нововведение, новация) – это изменения внутри системы. В педагогической интерпретации и в самом общем смысле инновации подразумевают нововведения в педагогической системе, улучшающие течение и результаты учебно-воспитательного процесса. В настоящее время в научной литературе сложилась следующая схема членения инновационного процесса на этапы [1,2]:

1. рождения новой идеи и возникновения концепции новшества; условно его называют этапом открытия, которое является результатом, как правило, фундаментальных и

прикладных научных исследований (или мгновенного «озарения»);

2. изобретения, т.е. создания новшества, воплощенного в какой-либо объект, материальный или духовный продукт – образец;

3. нововведения, на котором находит практическое применение полученное новшество, его доработка; завершается этот этап получением устойчивого эффекта от новшества. После этого начинается самостоятельное существование новшества;

4. распространения новшества, заключающийся в его широком внедрении, диффузии (распространения) новшества в новые сферы;

5. господства новшества в конкретной области, когда собственно новшество перестает быть таковым, теряя свою новизну;

6. появлением эффективной альтернативы или замены данного новшества более эффективным;

7) сокращения масштабов применения новшества, связанный с заменой его новым продуктом.

Инновационная деятельность многих учреждений образования Республики Беларусь направлена на улучшение качества подготовки выпускников, внедрение современных образовательных технологий, развитие исследовательского и творческого потенциала учителя и ученика.

Одной из важнейших задач современной педагогической инновации, точнее – инновации в сфере образования, является классификация нововведений, знание которой совершенно необходимо современному руководителю, прежде всего, для того, чтобы разобраться в объекте развития школы, выявить всестороннюю характеристику осваиваемого новшества, понять то общее, что объединяет его с другими, и то особенное, что отличает его от других новшеств. Наконец, для того, чтобы, пользуясь всем этим знанием, наиболее точно выбрать необходимое новое для освоения и наилучшим образом



разработать технологию его освоения – технологию, учитывающую специфику нововведения [3].

Учителя, для того чтобы модернизировать и улучшить свою преподавательскую деятельность, используют в своей работе специальные модели организации обучения.

К современным моделям организации обучения относятся:

- 1) предметные кружки;
- 2) секции;
- 3) факультативы и предметы по выбору;
- 4) экскурсии;
- 5) олимпиады;
- 6) дополнительные занятия с отстающими в учебе учащимися;
- 7) выставки и др.

Они являются составной частью процесса обучения, дополняют, расширяют основные формы учебной работы и называются внеклассной или внеурочной формой, так как проходят в более непринужденной по сравнению с уроком обстановке.

Объектом исследования являются учителя в ГУО СШ № 94 г. Минска.

Предмет исследования: инновационная деятельность учителей.

Исследование проводилось с целью выявления использования учителями инновационных методов при обучении.

В исследовании принимало участие 15 учителей ГУО СШ № 94 г. Минска. Средний стаж педагогической деятельности у учителей школы – 16 лет.

Для того, чтобы выявить использование учителями инновационных методов при обучении, проводилось анкетирование. Бланк для заполнения состоит из 9 вопросов. Перед тем как отвечать на поставленные вопросы, учителя должны были заполнить графы названия учебного заведения, Ф.И.О., должность, возраст.

Проведя анкетирование среди учителей, можно сделать вывод, что многие из них используют в своей преподавательской деятельности несколько методов организации учебно-воспитательного процесса.

Сюда входит: и развитие личностно-ориентированного подхода, и развитие творческих способностей, использование информационных и компьютерных технологий, презентации, мультипрофильное обучение, метод игры. И только несколько учителей используют традиционную форму обучения.

Актуальность исследования заключается в том, что современная система образования находится в стадии динамичного обновления, импульсом которому послужили, с одной стороны, процессы реформирования общества в целом, а с другой – логика развития самой образовательной системы.

Инновационная деятельность педагога зависит от понимания им смысла употребления тех или иных новшеств, умений осуществлять их поиск, выбор и применение. Важным в деле подготовки учителя к инновационной деятельности является участие в семинарах – практикумах, профессиональных конкурсах, посещение открытых уроков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инновации и инновационная деятельность: Термины и определения. – Минск: Гос. стандарт Респ. Беларусь, 1997. – 9 с.
2. Инновационная деятельность в общеобразовательной школе. – Бел. гос. пед. ун-т им. М. Танка. – Минск: БГПУ, 2000. – 171 с.
3. Петровский, Г.Н. О содержании понятий педагогической и образовательной технологий / Г.Н. Петровский // Адукацыя і выхаванне. – 2002. – № 1.

## ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИЙ НА ПЛОСКОСТИ

*БГПУ им. М.Танка, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Глухарева С.Л.*

*В статье описаны подходы к программированию на языке Pascal построения линий на плоскости на примере циклоидальных кривых.*

В некоторых задачах математики особое внимание обращается на кривые, определяемые каким-либо законом. Будем рассматривать кривые, как путь, пройденный движущейся точкой. Закон, определяющий кривую, выражается уравнением, связывающим координаты такой точки. На основе математических зависимостей можно запрограммировать рисование кривой с помощью компьютера. Цель нашей работы – проиллюстрировать процесс построения линий на плоскости на примере циклоидальных кривых.

Циклоида представляет собой траекторию фиксированной точки окружности, катящейся без скольжения по прямой. «Циклоида» означает «связанная с кругом», «напоминающая о круге». Это название придумал Галилей. Вскоре эту кривую переоткрыли во Франции и назвали «рулеттой» или «трохоидой». Ее изучением занимались Декарт, Ферма, Паскаль и другие математики.

Еще в 1696 году в июньском номере журнала «Акта Эрудиторум» – первого научного журнала была помещена заметка швейцарского ученого И. Бернулли: «Новая задача, к решению которой приглашаются математики». В задаче рассматривались две точки в вертикальной плоскости. Требовалось определить путь, спускаясь по которому от одной точки к другой под действием собственной тяжести, тело достигнет

второй точки в кратчайшее время. Оказалось, что брахистохроной – кривой соответствующей кратчайшему времени движения – является циклоида.

Циклоидальные кривые привлекли наше внимание, так как они отражают многие процессы в технике и живой природе. Так, например, циклоида обладает тем свойством, что тело, скользящее по ней без трения, совершает колебания периода, не зависящего от начального положения. Это свойство циклоиды открыл Гюйгенс.

Выяснилось, что траектории планет относительно Земли представляются в виде эпициклоиды. Так происходит, потому что траектория складывается из двух круговых вращений – суточного и годового вращения Земли вокруг Солнца.

В технике используется циклоидное зацепление. Оно образуется зубчатыми колесами, профили зубьев которых очерчены по эпициклоиде и гипоциклоиде. Такое зацепление создает более благоприятное распределение давления в месте контакта зубьев и обеспечивает меньший износ деталей.

Сегодня известен еще и такой факт: центр тяжести идущего или бегущего человека описывает циклоиду. Например, при длине ног в 1 метр центр тяжести при каждом шаге поднимается и опускается примерно на восемь сантиметров.

С циклоидой связаны другие кривые – циклоидальные.

Циклоидальные кривые – это кривые, которые могут быть получены в результате следующего процесса. Представим себе, что некоторая окружность (называемая «производящей») катится без проскальзывания по профилю другой (неподвижной) окружности. Если на производящей окружности зафиксировать некоторую точку, то кривая, вычерчиваемая этой точкой в процессе движения, и будет называться циклоидальной.

Получаемые таким образом кривые в зависимости от того, катится ли производящий круг с внешней или с внутренней стороны неподвижного круга, подразделяются на эпициклоиды

(греческое ἐπί – «на, над») и гипоциклоиды (греческое ὑπό – «под, внизу»).

При построении кривых мы использовали их математическое описание. Обычно формулы таких линий задают в полярных координатах. Положение точки определяется полярным радиусом  $R$  и углом  $theta$ , образуемым полярным радиусом с полярной осью. Чтобы перейти от полярных координат к декартовой системе в общем случае используют формулы – параметрические уравнения:

$$\begin{aligned} X &= R \cdot \text{Cos}(theta), \\ Y &= R \cdot \text{Sin}(theta). \end{aligned}$$

Названные циклоидальные кривые описываются следующими параметрическими уравнениями:

$$\begin{cases} x = r(k \pm 1) \left( \cos(t) - p \frac{\cos((k \pm 1)t)}{k \pm 1} \right); \\ y = r(k \pm 1) \left( \sin(t) - \frac{\sin((k \pm 1)t)}{k \pm 1} \right), \end{cases}$$

где  $R$  – радиус неподвижной окружности,  $r$  – радиус катящейся окружности, а коэффициент  $k = \frac{R}{r}$ . В приведенных формулах для построения эпициклоиды принимают знак «+» и значение  $p = 1$ , гипоциклоиды – знак «-» и значение  $p = -1$ .

Модуль величины  $k$  определяет форму кривой. Некоторые из кривых в этом случае имеют собственные имена (рис. 1, 2).

Для программирования построения линий была использована система PascalABC. Опишем наиболее значимые этапы разработки программы.

Для отображения в графическом окне движения одной окружности относительно другой определим путь движения катящейся окружности, т.е. диапазон изменения угла  $t$  наклона полярного радиуса к полярной оси.

Далее определяем вид кривой в зависимости от коэффициента  $k$ . Вычисляем текущие координаты точки кривой, используя параметрические уравнения.

Эффект движения окружности создается благодаря последовательному выводу рисунка, его стиранию и выводу в другой точке. Для наблюдения за процессом построения кривой в программе необходимо организовать задержку.

В процессе разработки программы мы столкнулись с определенными сложностями. Так, необходимость стирания движущейся окружности приводила к затиранию самой кривой. Для корректной прорисовки траектории потребовалось все координаты точек, задающих положение движущейся окружности при разных значениях  $t$ , помещать в массив.

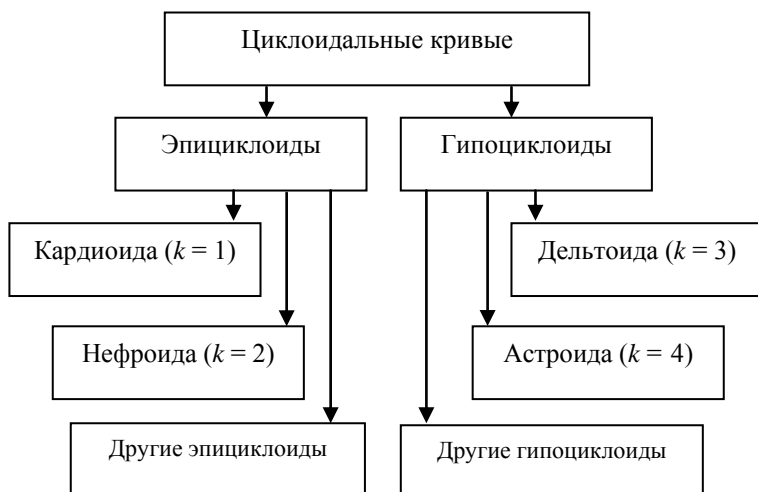


Рисунок 1 – Циклоидальные кривые, получившие собственные названия

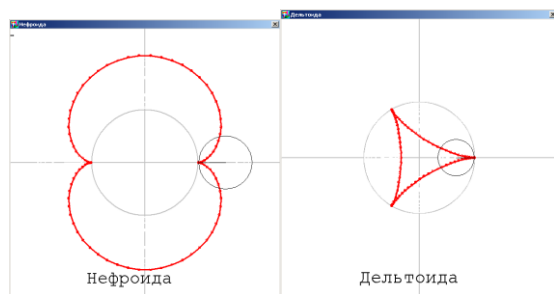


Рисунок 2 – Графические окна системы PascalABC с построенными кривыми

## **РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

*Академии управления при Президенте Республики Беларусь*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент*

*Куличенков В.П.*

За последние 60 лет информационные технологии развивались довольно интенсивно. К информационным технологиям следует отнести: газеты, журналы, книги, текстовые редакторы, табличные процессоры, компьютеры, Интернет, языки программирования, радио, телевидение, электронные видеопроекторы.

Еще в начале 50-х годов печатная продукция (газеты, журналы, книги) печатались по следующей технологии: наборщики текста набирали матрицу текста с помощью литеров (для каждой буквы разного размера была отдельная литера), затем текст печатали. Центральные газеты СССР печатали в Москве, затем для других городов газеты отправляли почтовым вагоном. С почтового вагона газеты передавали почтовым отделениям, которые отдавали газеты подписчикам или киоскам для продажи. В Москве газеты непосредственно передавали подписчикам или киоскам. Точно также местные газеты печатались в типографиях республиканских и областных городов или районных центров. В дальнейшем в Москве делали готовые матрицы из пластика и отправляли поездом или самолетом в крупные города, где их печатали и распространяли. После ввода в эксплуатацию телевизионных вышек на них монтировали специальные антенны, с помощью которых тексты газет передавали в крупные города для печати в местных типографиях. В настоящее время тексты газет передают в издательства с использованием электронной почты или через сеть Интернета. Особо следует отметить, что многие газеты можно прочитать на компьютере через сеть Интернета.

Все это позволило уменьшить расходы электроэнергии, топлива и бумаги.

Первые телевизоры и радиоприемники были построены с использованием радиоламп и потребляли значительное количество электроэнергии. После появления транзисторов радиоприемники стали потреблять меньше электроэнергии. Внедрение микросхем позволило еще больше экономить электроэнергию при работе телевизоров и радиоприемников. Замена старых телевизоров с радиолампами на новые телевизоры с использованием микросхем дало большую экономию электроэнергии в бывших республиках СССР, за счет чего уменьшилось потребление мощности, равной мощности одной из крупнейших электростанций мира (Красноярской ГЭС).

Первые мощные вычислительные машины тоже были построены на базе радиоламп и потребляли из электросети мощность 100 кВт каждая. Современные компьютеры, построенные на базе микросхем и микропроцессоров, потребляют из электросети мощность не более 200 Вт. Причем вычислительные возможности компьютеров во много раз больше этих возможностей самых мощных ЭВМ на радиолампах.

Большой прогресс произошел в видеопроекторах. Старые так называемые эпидеоскопы и кодоскопы были неудобны в работе и потребляли значительное количество электроэнергии. Для их работы надо было изготавливать носители информации на бумаге или на прозрачной пленке. Новые электронные видеопроекторы потребляют небольшую электроэнергию и для их работы не требуется изготавливать носители информации на бумаге и на пленке. Электронные видеопроекторы получают необходимую информацию в электронном виде от компьютера и позволяют выводить на экран не только слайды, но и видеофильмы. Применение электронного видеопроектора избавляет преподавателя рисовать на доске сложные конструкции и схемы или изготавливать большое количество плакатов. Для видеопроектора разрабатывается все необходимое в электронном виде. В ко-



нечном итоге видеопроектор позволяет многократно увеличивать объем нужных видеоматериалов, с которыми надо знакомить студентов во время лекций, что дает возможность значительно сократить количество учебных часов без снижения качества занятий. Это позволяет уменьшить расход бумаги и электроэнергии.

В современных условиях студентам значительная часть учебных материалов передается в электронном виде, что также дает большую экономию бумаги. Большую роль в учебном процессе играет использование текстового редактора Word. Его применение избавило пользователей применять для печати изжившую себя пишущую машинку. Использование этого редактора в составе компьютера и с применением принтера дает огромное количество возможностей, которых нет при применении пишущей машинки. Появление табличного процессора Excel в программном обеспечении компьютеров позволило значительно упростить проведение инженерных и экономических расчетов по сравнению с применением языков программирования. В настоящее время студентам и выпускникам ВУЗов в подавляющем числе случаев нет необходимости при проведении расчетов применять языки программирования.

УДК 621.762.4

Францкевич А.А.

## **КРИПТОГРАФИЯ. НЕКОТОРЫЕ АЛГОРИТМЫ ШИФРОВАНИЯ, ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В VISUAL C#**

*БГПУ имени М.Танка, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: ст. преподаватель Нарейко Н.Н.*

Компьютерные технологии дали человечеству уникальные возможности по хранению информации и передачи ее из одной точки пространства в другую. При этом возникла проблема обеспечения секретности хранимых и передаваемых

данных. Решить эту проблему позволяет такая современная информационная технология как криптография. Она базируется на шифровании текстовых данных. Существует много различных алгоритмов шифрования. Нами рассмотрены такие алгоритмы как ГОСТ-2814789, Виженера, RSA. Реализация алгоритмов продемонстрирована в разработанном автором на языке Visual C# Windows-приложении.

С давних пор и до сегодняшних дней актуальной остается защита информации. Шифрование является одним из способов защиты данных и предназначено для решения трех основных задач:

- конфиденциальность: защита данных пользователя или его идентификации от несанкционированного чтения;
- целостность: защита данных от изменений;
- аутентификация: гарантия того, что данные поступили от указанного в сообщении отправителя.

Применяемые схемы шифрования принято классифицировать следующим образом:

- симметричное шифрование с закрытым ключом (Например, алгоритм шифрования ГОСТ-2814789);
- асимметричное шифрование с открытым ключом;
- цифровая подпись;
- хеширование.

Дадим теперь более точные определения основных понятий, используемых в криптографии. Пусть  $X$  и  $Y$  – это два множества, элементы которых будем называть *данными*. Под шифром будем понимать алгоритм или отображение:

$$y = F(k, x); \quad y \in Y; \quad x \in X; \quad k \in K;$$

Процесс получения элемента  $y$  по заданному элементу  $x$  называют *шифрованием*. Элементы  $x$  – это *исходные данные*,  $y$  – *зашифрованные данные*. При шифровании используется ключ  $k$  – элемент некоторого множества  $K$ , называемого *множеством ключей*. Всегда подразумевается возможность

*дешифрования* – существование обратного отображения, позволяющего восстановить исходный элемент:

$$x = G(k, y) = G(k, F(k, x)); \quad y \in Y; \quad x \in X; \quad k \in K;$$

Рассмотрим несколько примеров простых шифров.

*Пример 1* (алгоритм сложения). Пусть  $X, Y, K$  – множества целых чисел, а алгоритм шифрования задается операцией сложения:  $y = x+k$ . Понятно, что существует обратное отображение:  $x = y - k$ .

*Пример 2* (алгоритм сложения по модулю). Пусть  $X, Y, K$  – множества целых чисел в диапазоне  $[0, p-1]$ , а алгоритм шифрования задается операцией сложения по модулю  $p$ :  $y = (x+k) \pmod{p}$ . Понятно, что существует обратное отображение:  $x = (y - k) \pmod{p}$ .

Шифрование применяется, прежде всего, к текстовым данным. В памяти компьютера тексты, как и любая другая информация, хранится в виде последовательности битов. При шифровании эта последовательность битов нарезается на блоки, как правило фиксированной длины, и каждый блок шифруется. Чаще всего, при шифровании учитывается контекст и шифруется смесь блока с его соседями, например с предшествующим блоком. В этом случае задача раскрытия шифра значительно усложняется.

Рассмотрим основные шаги криптопреобразования алгоритма шифрования ГОСТ 28147-89 на языке программирования C# (рисунок 1).

**Шаг 0.** Определяет исходные данные для основного шага криптопреобразования:

$N$  – преобразуемый 64-битовый блок данных;

$X$  – 32-битовый элемент ключа;

`private byte[,] matrixH = new byte[8, 16]`

**Шаг 1.** Сложение с ключом. Младшая половина преобразуемого блока складывается по модулю  $2^{32}$  с используемым на шаге элементом ключа, результат передается на следующий шаг;

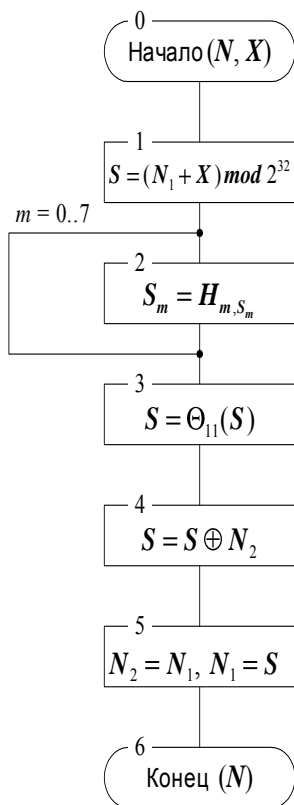


Рисунок 1 – Схема основного шага криптопреобразования алгоритма ГОСТ 28147-89

**Шаг 4.**

**Шаг 5.**

```
uint sm = (uint)((N1 + iP) / (2 ^ 32));
```

**Шаг 2.** Поблочная замена. 32-битовое значение, полученное на предыдущем шаге, интерпретируется как массив из восьми 4-битовых блоков кода:

```
S=(S0,S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7).
```

```
BitArray S = new BitArray(
    BitConverter.GetBytes(sm));
byte[] bufer = new byte[8];
for (int m = 0; m <= 7;
```

```
m++)
    { int smi = GetByteFromFourBit(S, m);
      byte b = matrixH[m, smi];
      bufer[m] = b;
    }
S = GetArray4FromByte(bufer);
byte[] b1 = new byte[4];
S.CopyTo(b1, 0);
uint S1 = BitConverter.ToUInt32(b1, 0);
```

**Шаг 3.** Циклический сдвиг на 11 бит влево. Результат предыдущего шага сдвигается циклически на 11 бит в сторону старших разрядов и передается на следующий шаг. На схеме алгоритма символом  $\square_{11}$  обозначена функция циклического сдвига своего аргумента на 11 бит в сторону старших разрядов.

$SI = SI \ll 11;$

**Шаг 6.** Побитовое сложение: значение, полученное на шаге 3, побитно складывается по модулю 2 со старшей половиной преобразуемого блока.

$SI = SI \wedge N2;$

**Шаг 7.** Сдвиг по цепочке: младшая часть преобразуемого блока сдвигается на место старшей, а на ее место помещается результат выполнения предыдущего шага.

$N2 = N1;$

$N1 = SI;$

*List<byte> result = new List<byte>();*

*result.AddRange(BitConverter.GetBytes(N1));*

*result.AddRange(BitConverter.GetBytes(N2));*

*return result.ToArray();*

**Шаг 8.** Полученное значение преобразуемого блока возвращается как результат выполнения алгоритма основного шага криптопреобразования.

// цикл шифрования

```
for (int partmes = 0; partmes < Message.Count / 64; partmes++)
```

```
{ BitArray blockMes = GetPartFromBitArray(Message, partmes * 64, 64);
```

```
cryptmes.AddRange(CryptStep(blockMes)); }
```

```
return cryptmes.ToArray();
```

// цикл расшифрования

```
for (int partmes = 0; partmes < CryptMessage.Count / 64; partmes++)
```

```
{ BitArray blockMes = GetPartFromBitArray(CryptMessage, partmes * 64, 64);
```

```
decryptmes.AddRange(DecryptStep(blockMes)); }
```

```
return decryptmes.ToArray();
```

## **ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. экон. наук, доцент*

*Гурина Е.В.*

В последние годы в республике проводилась целенаправленная работа по сохранению и развитию научного, научно-технического и инновационного потенциалов. Совершенствовалась система управления наукой, расширялась и укреплялась на современной основе законодательная и нормативно-правовая база научно-инновационной деятельности, реорганизовывалась академическая и вузовская наука, принимались меры по повышению уровня инновационности производства, развитию информационной и инновационной инфраструктуры малых и средних наукоемких предприятий, комплекса высоких технологий и т.д.

Все эти меры не имели, однако, системного характера и не ставили целью формирование адекватной развитым рыночным отношениям и международным стандартам национальной инновационной системы Беларуси. В результате республика располагает лишь отдельными – пусть и важными – фрагментами потенциально целостной НИС: научными и образовательными учреждениями, инновационно ориентированными производственными предприятиями и специализированными предприятиями инновационной инфраструктуры с различной степенью их инновационности и креативности [1].

Научные исследования и разработки (ИР) в последние годы проводятся в Беларуси в трехстах НИИ, КБ, вузах, промышленных и иных предприятиях. Более 80 % ИР выполняется организациями НАН Беларуси, Министерствами промышленности, образования и здравоохранения. На долю трех из этих

наукообразующих отраслей (Национальной академии наук Беларуси, Министерства образования, Министерства здравоохранения) приходится 94,4 % проводимых в стране фундаментальных исследований и 72,5 % – прикладных. Основная нагрузка в области опытно-конструкторских и технологических разработок лежит на Министерстве промышленности.

В соответствии с декретами Президента страны осуществлены кардинальные изменения в организации и формах осуществления фундаментальных и прикладных исследований – базисном сегменте инновационной системы – с целью их преимущественной ориентации на потребности конкретных отраслей экономики и социальной сферы. По ряду направлений Беларусь не отстает от мировых тенденций, удерживает позиции среди лидеров в разработке фундаментальных проблем в области физики, математики, новых материалов, программных продуктов для ЭВМ. На смену микроэлектронике приходит наноэлектроника. Фонд идей и концепций, традиционные и новые научные заделы позволяют сегодня белорусской науке и экономике успешно сотрудничать с мировым научным сообществом по таким направлениям как информатизация и программное обеспечение, нанотехнологии и наноматериалы, энергоэффективные технологии, генетика и биотехнологии, экологическая устойчивость и радиационная безопасность и др.

Работа в интенсивном инновационном режиме в рамках НИС, на уровне мировых образцов требует и качественно, и количественно улучшить основные факторы обеспечения научно-инновационных процессов: объемов и форм финансирования, организации науки, ее кадрового состава, материально-технической базы, информационной и патентно-технической систем, а также координации ИР, их ориентации на рынок инноваций. Однако не все вопросы решаются сегодня успешно.

Замедлены, но не остановлены негативные тенденции в научной и научно-технической сфере. Это, прежде всего продолжающееся уменьшение объемов научно-исследовательских работ и

численности исследователей. С начала 90-х годов прошлого века их количество сократилось в 3,3 раза, а отнесенное к 1 млн. жителей оно стало, например, в 2,2 раза ниже, чем в Швеции и в 2,8 раза – чем в Японии [2]. До настоящего времени из научной среды происходит отток кадров среднего возраста. За последние 10 лет доля исследователей в возрасте 30...39 лет уменьшилась вдвое (с 32,3 % до 15,9 %), а старше 60 лет возросла в 4,5 раза (с 2,1 % до 12,2 %). При этом доля докторов наук в возрасте 30-39 лет составляет всего 1,4 % от их общей численности. Более половины из них достигли пенсионного возраста, а 18 % – 70 лет. Такая возрастная структура научного потенциала опасна потерей преемственности, необходимой для воспроизводства научных школ. Продолжает устаревать материально-техническая база научных организаций. Более 60% научных приборов имеют средний возраст свыше 15 лет, очень низок удельный вес оборудования и приборов нового поколения. Имеются серьезные трудности в поддержании в работоспособном состоянии действующих уникальных экспериментальных комплексов.

За основу отраслевого инновационного сектора экономики приняты научно-технические центры корпоративных структур по направлениям автомобиле-, тракторо-, комбайно-, двигателестроения, микроэлектроники, средств телевидения и коммуникаций. Одновременно в новых экономических условиях промышленные предприятия в организации инновационных процессов переходят от принципа «внедрения» разработок научных организаций к заказу на конкретные разработки по повышению конкурентоспособности продукции.

В последние годы Республика Беларусь и белорусская наука развиваются достаточно динамично. В 2008 г. году затраты республиканского бюджета на науку по сравнению с предыдущим годом увеличены на 22,0% и составили около 310 млрд. руб. (около 150 млн. \$).

В 2009 г. объем финансирования на научной, научно-технической и инновационной деятельности за счет средств рес-



публиканского бюджета увеличен на 11% по сравнению с 2008 годом. Поставлена задача к 2010 г. увеличить за счет всех источников финансирования наукоемкость внутреннего валового продукта в республике до 1,4%.

В Программе социально-экономического развития Республики Беларусь на 2006-2010 годы подтверждена необходимость перехода страны на инновационный путь развития, курса на построение инновационной экономики – экономики, основанной на знаниях [3].

В соответствии с основными направлениями государственной политики в области формирования и развития НИС, выявлен ряд проблем, решение которых позволит выйти на мировой уровень: создание благоприятной для инновационной деятельности институционально-правовой среды; перестройка действующих структурно-функциональных блоков НИС (научного сектора, сферы образования, производственных комплексов), повышения их интегрированности и эффективности в рыночных условиях; формирование инновационной инфраструктуры; информационное обеспечение инновационной деятельности; развитие инновационного предпринимательства; развитие финансовой инфраструктуры; создание механизмов мотивации и стимулирования инновационной деятельности; развитие институтов использования и защиты прав интеллектуальной собственности; подготовка кадров для инновационной деятельности; государственное управление и обеспечение взаимодействия элементов НИС.

Секция «Новые материалы и технологии»

1. <i>Авдейчук Е.С.</i> Проектирование вакуумных систем технологических установок на основе структурного и параметрического синтеза .....	3
2. <i>Басков О.В.</i> Формование углеродсодержащих композиционных материалов .....	5
3. <i>Боровская Т.В.</i> Инструменты для накатывания резьбы с заборной частью .....	9
4. <i>Бужелёва Т.А.</i> Определение основного геометрического параметра эжекторного насоса .....	14
5. <i>Вишневский В.Ч.</i> Расчет параметров вакуумной системы методом статистических испытаний .....	18
6. <i>Гладкий В.Ю.</i> Резонансный метод измерения толщины покрытия .....	22
7. <i>Груша Ю.Г.</i> Угловые и линейные параметры остроконечных зубьев фрез .....	24
8. <i>Гурский Е.В.</i> Модернизация вакуумной установки «УВНИПА-1-001» для нанесения алмазоподобного углеродного покрытия на литейные формы .....	29
9. <i>Гутько Н.Ю.</i> Проектирование вакуумных трубопроводов .....	33
10. <i>Данильчик П.С.</i> О некоторых особенностях вибрационного точения на станках с ЧПУ .....	37
11. <i>Дащинская О.А., Чертко Ю.Г.</i> Сравнение эффективности процессов разрезания материалов ...	41
12. <i>Дубатовка Е.А.</i> Инструменты для накатывания резьбы без заборной части .....	44
13. <i>Ероценко О.П.</i> Групповые схемы протягивания цилиндрических отверстий .....	48
14. <i>Заблоцкая О.С., Нарушко Е.О.</i> Исследование микротвердости ТiN вакуумно-плазменных покрытий на изделиях из стекла .....	53

15. <i>Зуенок А.В.</i> Особенности получения пористых про- ницаемых изделий из шихты на основе кварцевого песка .....	57
16. <i>Каланда Д.С.</i> Составление информационных таб- лиц для выбора механических насосов объемного действия .....	60
17. <i>Карaban А.С.</i> Влияние остаточных напряжений на эксплуатационные свойства изделий.....	64
18. <i>Кирилов Е.С.</i> Расчет напряжений в плоской мем- бране .....	68
19. <i>Кирюхова С.А.</i> Охлаждение двухроторных вакуум- ных насосов .....	72
20. <i>Колногоров К.П.</i> Влияние новых модифицирующих добавок, полученных на основе малеинизированной канифоли на физико-механические свойства резин..	75
21. <i>Коробкина Е.В.</i> Методика расчета режимов резания при обработке плоскостей торцовыми и цилиндри- ческими фрезами .....	79
22. <i>Котов С.Ю., Беляев Г.Я.</i> Ионно-плазменное упроч- нение подшипниковых сталеЙ.....	82
23. <i>Мельник. Е.В.</i> Особенности формирования вакуум- но-плазменных покрытий .....	87
24. <i>Минальд Ю.И.</i> Расчет величины переменных срезов при вибрационном резании .....	90
25. <i>Миронова М.Н.</i> Уточнение зависимостей для определения смещений заготовки под действием сил закрепления.....	94
26. <i>Мисюля Д.И., Русакович Ю.Л.</i> Снижение энергоза- трат при очистке газа в циклонах .....	98
27. <i>Митина Н.А.</i> Применение метода панорамного контроля характеристик изготавливаемого покрытия в процессе его напыления в реальном масштабе времени .....	102

28. <i>Мойсейчик А.Е., Тутко А.Н.</i> Контроль усилий в стальных стержневых элементах по коэрцитивной силе.....	106
29. <i>Нарушко Е.О.</i> Сферы использования трубопроводов, основные методы их исследования..	111
30. <i>Недень И.А.</i> Методика расчёта статистических анализов данных в системе STATISTICA .....	115
31. <i>Нычко В.Ю.</i> Современные вакуумные плазменные и ионно-плазменные технологии .....	118
32. <i>Петюшик Т.Е.</i> Использование природного сырья для получения керамических пористых проницаемых материалов .....	124
33. <i>Позняк А.И.</i> К вопросу о роли фриттованной составляющей в процессе формирования износостойких покрытий .....	127
34. <i>Прохорова Т.Ф.</i> Природа и микротвёрдость вакуумных углеродсодержащих покрытий на деформированных чугунах .....	131
35. <i>Слепчинский В.С., Силивончик А.В.</i> Применение вакуумной технологии в лазерной технике .....	136
36. <i>Сыровинская В.А.</i> Особенности технологии нанесения в вакууме токопроводящего покрытия на стекло защитное .....	138
37. <i>Тихонова А.А.</i> Углы призматических и круглых фасонных резцов .....	142
38. <i>Тулейко Д.Н.</i> Исследование вязкости водных растворов полиэтиленгликоля различной молекулярной массы .....	147
39. <i>Царук О.В., Койда С.Г.</i> Способы очистки металлических поверхностей .....	149
40. <i>Чернокал Д.В.</i> Модернизация вакуумной установки для нанесения просветляющего ахроматического покрытия на оптическую деталь .....	156

41. *Чернухо А.О.* Применение системы STATISTICA для получения числовых характеристик распределения случайных величин ..... 159

*Секция «Методология современных информационных технологий»*

1. *Балыдко Д.Н.* Влияние изучения языков программирования на развитие способностей решения творческих задач ..... 162
2. *Балыдко Д.Н.* Использование информационных технологий в образовании как фактор интенсификации учебного процесса ..... 166
3. *Барановский М.М.* Принципы построения учебных ударов СВН заданной сложности с использованием современных информационных технологий ..... 169
4. *Бачко Е.А.* Определение скорости звука в воздухе с использованием измерительно-управляющего комплекса МикроЛаб ..... 172
5. *Беко Н.А., Збировский А.В.* Влияние компьютерных средств обучения на деятельность учащихся ..... 176
6. *Бударин И.А.* Мультимедийные технологии в образовании ..... 179
7. *Жвирко А.К., Качина М.Л.* Компьютеризация педагогического процесса ..... 183
8. *Зуёнок А.В., Зуёнок Д.В.* Медиаобразование в сети Интернет ..... 186
9. *Королик Е.И.* Использование мультимедиа в контексте модульных технологий по трудовому обучению ..... 189
10. *Кривостаненко Д.П., Бусел Л.В.* Мультимедийное сопровождение учебных разделов по предмету «Технический труд» ..... 192

11.	<i>Куделич Е.С.</i> Оптимизация логических связей в условиях кризиса в Республике Беларусь .....	195
12.	<i>Левданская Ю.В.</i> Лизинг – один из источников финансирования инвестиций .....	200
13.	<i>Лозовик Т.В.</i> Работа классного руководителя по развитию одаренности детей с использованием современных компьютерных технологий .....	204
14.	<i>Малашёнок Д.А.</i> Проблемы создания логистических центров в кризисных условиях .....	209
15.	<i>Миланович Д.Ю.</i> Возрастание роли коммерческого кредита в условиях экономического кризиса.....	215
16.	<i>Новиков В.А., Шостак О.Р., Соломахо Д.В.</i> Методология OLTP в сфере самостоятельной работы .....	219
17.	<i>Прокопенко И.В.</i> Инновационная деятельность учителя .....	223
18.	<i>Раковец Д.В.</i> Программирование построения линий на плоскости .....	227
19.	<i>Ульянцев М.С.</i> Развитие информационных технологий и их влияние на энергосбережение и ресурсосбережение .....	231
20.	<i>Францкевич А.А.</i> Криптография. Некоторые алгоритмы шифрования, их реализация в VISUAL C# .....	233
21.	<i>Шестак Е.Н.</i> Тенденции и перспективы развития инновационной деятельности в Республике Беларусь .....	238

Научное издание

*Инженерно-педагогическое  
образование в XXI веке*

**МАТЕРИАЛЫ**

VI Республиканской научно-практической  
конференции молодых ученых и студентов БНТУ

(66-й студенческой научно-технической конференции БНТУ)

**В 3 частях**

**Часть 3**

Технический редактор О.В. Песенько  
Ответственный за выпуск А.А. Дробыш

---

Подписано в печать 28.12.2010.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 14,36. Уч.-изд. л. 11,73. Тираж 60. Заказ 708.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.