

# Секция МЕХАНИКА, МАШИНЫ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

## О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ОТПЕЧАТКОВ МАЛЫХ ОБЪЕКТОВ

Авилов А. В., Ладыгина О. М., Дубина Д. Р., Бушуева А. А., Рогожкина М.А.

Во многих исследованиях реплики поверхностей получали с помощью твердеющей массы.

Для выявления составляющей погрешности, связанной с применяемым материалом, произвели профилографирование стекла и получили отпечаток. Размах отклонений на профилограмме отпечатка не выходит за размах отклонений на профилограмме стекла. То есть, получаемые отклонения, связанные с шероховатостью самого материала, не должны превышать 0,05 мкм.

Профилограммы отпечатков проволоки показали, что возможность массы принимать форму отражающей поверхности имеют ограничения (рисунок 1, размеры в микрометрах). Так поверхность отдельной проволоочки диаметром 160 мкм повторяется в пределах 30 мкм, а в пространство между проволоочками, намотанными вплотную, масса не проникает глубже 5 мкм.

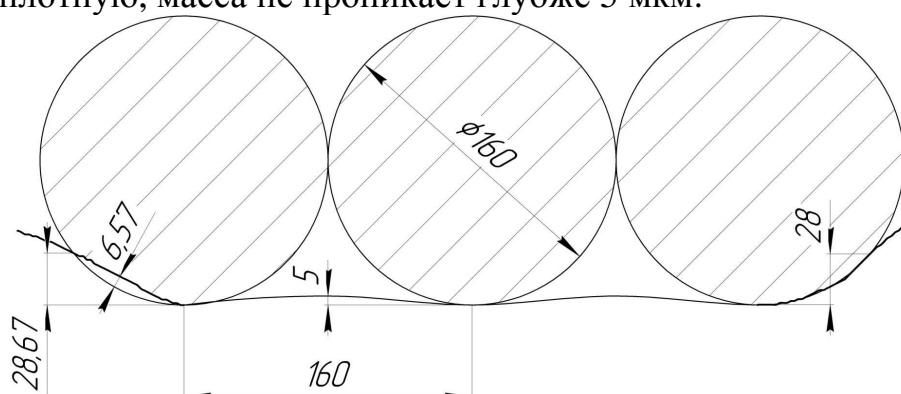


Рис. 1.

Кроме того, профилографирование отпечатков в различных направлениях показало, что при движении иглы датчика по нисходящей траектории повторяемость профиля искажается, а при движении иглы датчика по восходящей траектории точность возрастает.

Таким образом, для получения данных с обоснованной достоверностью необходимо учитывать следующие составляющие погрешности:

- 1) погрешность материала;
- 2) ограничения по проникновению массы;
- 3) ограничения по проникновению иглы датчика профилографа;
- 4) искажения от направления движения иглы датчика профилографа.

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРШИН ЗЕРЕН И ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Носенко В.А., Даниленко М.В.

Повышение производительности процесса шлифования с обеспечением необходимых требований к качеству обработанной поверхности является приоритетным направлением развития абразивной обработки материалов. К одним из наиболее распространенных показателей качества поверхности относится шероховатость, во многом определяющая эксплуатационные свойства деталей машин.

Образование микронеровностей происходит в результате взаимодействия в определенных условиях абразивного инструмента и обрабатываемой поверхности. При разработке математических моделей параметров шероховатости образование микрорельефа в большинстве случаев рассматривают, как результат копирования рельефа рабочей поверхности абразивного инструмента. Исходными данными для прогнозирования и определения параметров шероховатости являются параметры рабочей поверхности инструмента.

Исследование влияния различных факторов на распределение зерен и шероховатость обработанной поверхности проводилось на примере плоского шлифования кругом из белого электрокорунда на бакелитовой связке различной твердости.

Расчеты изменения распределения зерен проведены на ЭВМ с помощью созданной программы, на основе разработанной теоретико-вероятностной модели формирования рабочей поверхности абразивного инструмента.

Для определения шероховатости поверхности взята модель, разработанная Новоселовым Ю.К [1].

$$R_a = \frac{\sqrt{2}V_u H_u^{3/2}}{\pi^2 K_c (V_K \pm V_u) n_3 \sqrt{D_3 \rho_3} \sum_{i=0}^n (\omega_m - i\Delta r)^{3/2}} \quad \text{при } \Delta r < \omega_m; \quad (1)$$

$$R_a = \frac{0,25V_u^{0,4} t_\Phi^{0,6}}{K_c^{0,4} (V_K \pm V_u)^{0,4} n_3^{0,4} D_3^{0,2} \rho_3^{0,2}} \quad \text{при } \Delta r \geq \omega_m. \quad (2)$$

Воспользовавшись данной моделью, было проведено исследование влияния скорости круга, скорости детали, глубины резания, диаметра круга на параметр  $R_a$ .

Число вершин активных зерен  $n_3$  изменяется с каждым оборотом круга и рассчитывается по разработанной вероятностно-статистической модели распределения зерен на рабочей поверхности абразивного инструмента с учетом вероятностей изнашивания. Определяемое число  $n_3$  также чувствительно к изменению режимов шлифования, параметров круга и абразивного зерна.

С повышением значений диаметра и скорости круга и снижением скорости детали уменьшается шероховатость обрабатываемой поверхности.

Уменьшение шероховатости с повышением скорости резания связано с тем, что через сечение обрабатываемой поверхности проходит больше вершин в единицу времени, снимая большее количество материала (1), (2).

С увеличением диаметра круга при сохранении скорости резания общее число зерен, проходящих через сечение обрабатываемой поверхности, возрастает. Это способствует увеличению удаления материала в зоне резания, уменьшению вероятности контакта одного зерна, уменьшению шероховатости поверхности.

При расчете на примере шлифования кругами из белого электрокорунда зернистости  $F60$  твердости  $N$  диаметром 250 и 350 мм, общая разница в значениях  $Ra$  составляет в среднем 1,5 % почти на всем времени обработки.

При шлифовании кругом твердости  $N$  изменение глубины резания  $t_{\phi}$  от 8,3 мкм до 18 мкм шероховатость поверхности увеличивается почти в 2 раза. Для кругов данной твердости характерно повышение шероховатости в начальный период, после чего параметр  $Ra$  уменьшается за весь оставшийся период шлифования. Чем выше глубина резания, тем больше повышается шероховатость в начальный период обработки, число вершин наиболее выступающих зерен при этом уменьшается, что связано с удалением (вырыванием и скалыванием) вершин в наружных слоях поверхности круга.

Проведенные исследования позволяют качественно описать причины изменения шероховатости во время обработки в зависимости от различных факторов с учетом изменения числа вершин, изнашиваемых на различной глубине, вероятности контакта и перемещения вершин в результате истирания, скалывания и вырывания.

Литература

1. **Новоселов, Ю.К.** Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1979. – 232 с.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НА СЕРОВОДОРОДОСТОЙКОСТЬ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ**

Дворецкая Н.В.

В последние годы увеличивается добыча нефти и газа, содержащих сероводород, поэтому актуальной является задача повышения сероводородостойкости низколегированных сталей, используемых для изготовления труб и оборудования для хранения и переработки этих продуктов. Металл оборудования подвергается воздействию влажного сероводорода, насыщается водородом, вследствие чего может произойти его разрушение. Это может привести к тяжелым последствиям, в частности, к экологической катастрофе. Наиболее часто в результате воздействия адсорбционного водорода возникает растрескивание «блистеринг» - несплошности в виде вздутий на поверхности металла или в виде разрывов и трещин во внутренних объемах.

Современные представления связывают это явление с улавливанием водорода внутренними дефектами и ловушками, особенно опасными из которых являются неметаллические включения (преимущественно протяженные сульфиды FeS, MnS), карбидные частицы и др. Как оказалось, способ выплавки стали существенным образом влияет на качество материала, на его чувствительность к сульфидному коррозионному растрескиванию (СКР).

Изучалось влияние технологических факторов производства стали, предназначенной для оборудования, эксплуатируемого в средах с повышенным содержанием сероводорода, на сопротивление к СКР. В качестве объекта использовались широко применяемые низколегированные стали типа 20ХГС – 20ХГСДЮЧ. Исследовались пять мартеновских (М) и более 20 электродуговых (ЭД) плавок, часть из которых была подвергнута ЭШП. Сталь выплавлялась по обычной технологии. Окончательно металл раскисляли, кроме алюминия и силикомарганца, силикокальцием и ферроцерием в ковше и ферроцерием в изложнице при наполнении слитка, добавляя его равномерно по мере заполнения.

Существенное различие металла, полученного различными методами выплавки, очевидно, состоит в степени окисленности жидкого металла при охлаждении и кристаллизации и в природе (распределении) сульфидной фазы. В мартеновском металле не произошла глобуляризация сульфидов и не были получены глобулярные окисульфиды церия, при увеличении количества вводимого ферроцерия, появлялись участки с хлопьевидными выделениями окисульфидов церия (цериевая неоднородность). Интересно отметить, что и в металле ЭШП при принятом варианте раскисления и микролегирования не получен надежный эффект перевода сульфидной фазы из железомарганцевой в стабильную цериевую. Лучшим оказался металл ЭД.

При исследовании механических свойств металлов, полученных различными методами выплавки оказалось, что металл электродуговой не отличался сколько-нибудь от металла двух других способов выплавки. В чем же причина различия в стойкости против СКР? Было сделано предположение, что причиной является различие в проницаемости водорода. Для подтверждения предположения проводилось наводороживание металла, полученного различными методами выплавки. Количество блистеров в электродуговом металле оказалось значительно меньшим, чем в металле ЭШП. Изучение очагов зарождения блистеров показало, что в мартеновском металле водородные дефекты локализовывались преимущественно по границам железомарганцевых пленочных сульфидов, вытянутым силикатным включениям типа файалита и по межфазным границам.

В электродуговом металле при значительно меньшем количестве блистеров их преимущественное формирование связано с единичными сульфидами железа и марганца, или сульфосиликатами, и границами участков микрохимической неоднородности. В металле ЭШП первые микронадрывы образовывались преимущественно в междендритных участках по дисперсным пленкам типа FeS.MnS. Хотя металл ЭШП значительно чище, чем дуговой, однако в нем

практически вся сера выделилась в виде железомарганцевых сульфидов, что и послужило причиной более слабой склонности к СКР.

Особое внимание привлекают результаты, полученные при оценке склонности стали к СКР при движении потока водорода вдоль структурной полосчатости (т.е. в направлении деформации). Ни в одном случае не отметили появления блистеров при резком росте зернограницной проницаемости. Это следует учитывать и при создании оборудования, не склонного к СКР.

Оценивая полученные результаты, можно полагать, что уменьшением окисленности металла до определенного уровня и формированием в металле устойчивой фазы с церием можно обеспечить достаточную стойкость металла против СКР и образования блистеров при наводороживании. В электросталеплавильном производстве это эффективно реализуется при достаточно простой схеме раскисления и микролегирования. Для металла мартеновской плавки и ЭШП необходима дополнительная обработка, чтобы уменьшить его окисленность и предупредить неконтролируемый угар церия.

## **ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ В ГОРОДСКИХ АВТОБУСАХ**

Злотин Г.Н., Моисеев Ю.И., Мартыненко Д.В., Нестеренко А.В.

Современная автомобильная промышленность развивается в условиях жестокой конкурентной борьбы, что заставляет ведущие автомобильные бренды применять все больше новых технологий в современном автомобильном двигателестроении. Их успешное применение, в целом, можно оценить по темпу увеличения литровой мощности двигателей, применяемых на современных автомобилях среднего класса. При относительно одинаковой потребности в мощности автомобиля имеется тенденция уменьшения литража двигателя. Эти достижения - результат применения новых материалов.

Вместе с тем, для значительного улучшения показателей экономичности и экологичности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) необходимо решить две ключевые задачи: максимально исключить работу ДВС на переходных режимах; использовать максимально эффективно энергию от ДВС. Именно эти задачи позволяет решать применение гибридной силовой установки (ГСУ) на современном автомобиле. Термин «Гибридная силовая установка» подразумевает сочетание ДВС с электродвигателем. Эти два источника энергии великолепно дополняют друг друга. Электродвигателем максимально обеспечивают дополнительную мощность, не расходуя топливо и не загрязняя окружающую среду. Система ГСУ позволяет каждому источнику энергии работать в оптимальном режиме.

Экономия топлива в 20-25 % достигается за счет рекуперации - возврата энергии, которая в обычных условиях теряется безвозвратно. В частности, при торможении электродвигатели действуют как генераторы, которые с подачи блока управления силовой установкой «перекачивают» энергию движения обратно на

батарею высокого напряжения. Вследствие этого можно предположить, что наиболее продуктивное использование такой установки - на транспортном средстве (ТС), эксплуатация которого сосредоточена в режиме городского цикла. Кроме того, использование транспортных средств в городском цикле требует высокопроизводительной силовой установки. В свою очередь, гибридная установка обладает большей производительностью благодаря использованию двух источников энергии одновременно.

С ростом городской инфраструктуры увеличивается количество городского транспорта, что неизбежно приводит к ухудшению экологической обстановки. В связи с этим, наблюдается устойчивая тенденция ужесточения норм выбросов токсичных компонентов ТС для обеспечения чистоты городского воздуха. В современных двигателях существует ряд систем, предназначенных для предотвращения сверхнормативных токсичных выбросов и их устранения. Эти выбросы возрастают, когда ДВС работает в переходном режиме. Применение гибридной силовой установки сводит к минимуму вероятность выхода ДВС из стационарного режима работы и, как следствие, приводит к значительному снижению уровня токсичных выбросов в атмосферу.

Учитывая вышесказанное, можно констатировать, что наиболее целесообразно гибридную силовую установку применять в транспортном средстве, работающем преимущественно в режиме городского цикла. Таким транспортным средством является городской автобус.

На сегодняшний день уже имеется опыт применения автобусов с гибридными силовыми установками (ГСУ) за рубежом. Наибольшее распространение автобусы с ГСУ получили в Северной Америке. Компания General Motors с 2004 года поставила более тысячи таких автобусов, в города США и Канады. Компания Orion Bus Industries корпорации DaimlerChrysler произвела и поставила 2200 автобусов с ГСУ. Начиная с 2006 года, шесть автобусов эксплуатируются в Лондоне, где уже после 2012 года планируется закупать только автобусы с ГСУ с вводом в эксплуатацию в год по 500 таких автобусов.

Автобусное производство «Волжанин», находясь в условиях жесткой конкурентной борьбы, стремится повысить конкурентоспособность своей продукции. Кроме того, учитывая баланс спроса автобусов России, можно констатировать, что более половины их уходит на удовлетворение потребности рынков Москвы и С-Петербурга. Именно эти рынки в настоящий момент активно стремятся обеспечить жителей города экологически чистым транспортом. В этой связи создание гибридной силовой установки для автобусов марки «Волжанин» имеет свою актуальность, и выпуск этих автобусов с ГСУ приведет к повышению их конкурентоспособности.

# АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

Кулько П.А., Кулько А.П

В учебной и технической литературе отсутствует детальный анализ движения автомобиля на вираже по условиям заноса и опрокидывания. Предлагаемый метод предусматривает выполнение расчёта математических формул, определяющих взаимодействие приложенных к автомобилю сил. Затем, на их основе, - проведение теоретического многофакторного эксперимента по статистическим данным с целью получения уравнения регрессии для прогнозирования критических скоростей движения автомобиля по дорожным условиям.

На рисунке 1,а представлена схема действующих сил при левом повороте на вираже. Дорожное полотно имеет двухскатное покрытие с поперечным углом наклона  $\beta$  и радиусом поворота  $r$ . В момент, предшествующему опрокидыванию, равнодействующая сила  $F_{\Sigma}$  приложена к центру тяжести в точке  $O$  под углом  $\alpha$  к оси автомобиля. Опрокидывание автомобиля произойдёт через правые колёса, а реакции дороги на левые колёса равны нулю,  $R_{Az} = 0$ .

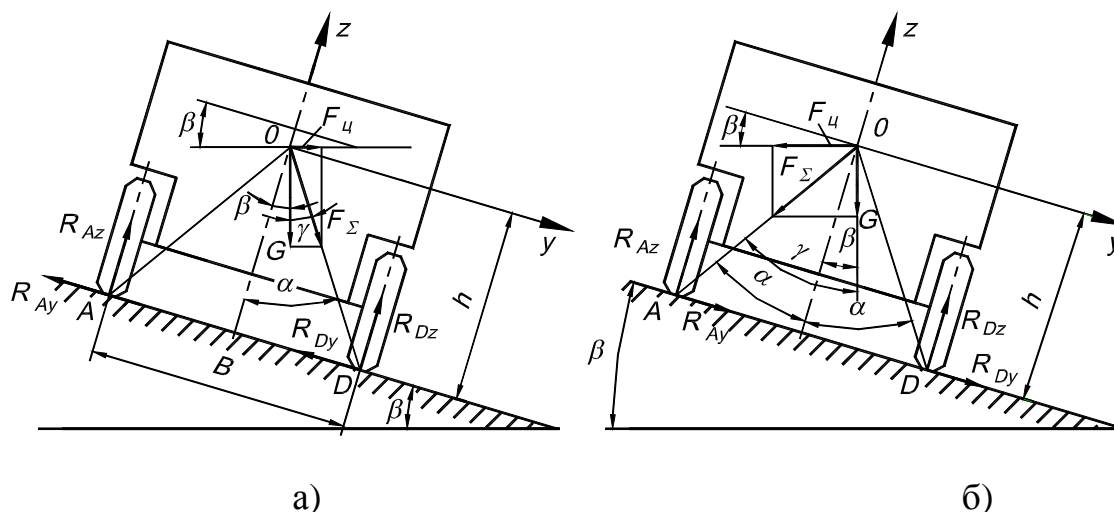


Рис. 1. Действие сил на автомобиль при повороте с двухскатной дорожной частью перед опрокидыванием: а) при левом повороте,  $R_{Az}=0$ ; б) при правом повороте,  $R_{Dz}=0$

Составим уравнение динамического равновесия сил и моментов, действующих на автомобиль, в рассматриваемом случае движения:

$$F_y = F_{\zeta} \cos \beta + G a \sin \beta - R_{\delta y} = 0; \quad (1)$$

$$F_z = - F_{\zeta} \sin \beta + G a \cos \beta - R_{\delta z} = 0; \quad (2)$$

$$M_o = R_{\delta y} \cdot h - R_{\delta z} \cdot B/2 = 0, \quad (3)$$

где  $h$  – высота центра тяжести автомобиля относительно дороги;

$F_{\zeta}$  – центробежная сила,  $F_{\zeta} = m \cdot V^2/r$ ;

$B$  – колея автомобиля;

$R_{\delta y} = \varphi \cdot R_{\delta z}$ ;  $\varphi$  – коэффициент сцепления колеса автомобиля с дорогой.

На основании уравнений (1) и (2) получим расчётное значение критической скорости движения автомобиля при заносе  $V_3$ :

$$V_3 = \sqrt{g \cdot r \cdot (\varphi - \operatorname{tg} \beta) / (1 + \varphi \cdot \operatorname{tg} \beta)}. \quad (4)$$

Из уравнения (3) следует, что в момент, предшествующий опрокидыванию,

$$B/2h = \operatorname{tg} \alpha = R \partial y / R \partial z = \varphi. \quad (5)$$

Подставив значение  $\varphi$  из условия (5) в уравнение (4), получим формулу для расчёта критической скорости автомобиля при опрокидывании:

$$V_0 = \sqrt{g \cdot r \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta) / (1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta)}. \quad (6)$$

Учитывая, что  $(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta) / (1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta) = \operatorname{tg} (\alpha - \beta)$ , получим:

$$V_0 = \sqrt{g \cdot r \cdot \operatorname{tg} (\alpha - \beta)}. \quad (7)$$

Аналогично составим уравнения динамического равновесия сил при движении автомобиля на вираже с правым поворотом (рисунок 1,б), решая их относительно критических скоростей заноса  $V_3$  и опрокидывания  $V_0$  движения автомобиля, получим:

$$V_3 = \sqrt{g \cdot r \cdot (\varphi + \operatorname{tg} \beta) / (1 - \varphi \cdot \operatorname{tg} \beta)}. \quad (8)$$

$$V_0 = \sqrt{g \cdot r \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) / (1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta)}. \quad (9)$$

или

$$V_0 = \sqrt{g \cdot r \cdot \operatorname{tg} (\alpha + \beta)}.$$

Теоретический многофакторный эксперимент выполним для трёх переменных факторов. При левом повороте:

$X_1$  – радиус поворота –  $r$ ;  $X_2$  – коэффициент сцепления колеса с дорогой –  $\varphi$ ;  $X_3$  – тангенс угла поперечного уклона дороги на вираже –  $\operatorname{tg} \beta$ .

При правом повороте:

$X_1$  – радиус поворота –  $r$ ;  $X_2$  – тангенс угла поперечной устойчивости легкового автомобиля –  $\operatorname{tg} \alpha$ ;  $X_3$  – тангенс угла поперечного уклона дороги  $\operatorname{tg} \beta$ .

Матрицу планирования эксперимента составим в виде полуреплики  $2^{3-1}$  с генерирующим соотношением  $X_3 = X_1 X_2$ . Выполним расчёты по формулам (4) для левого поворота и по формуле (6) – для правого со значениями уровней переменных факторов типичных дорожных условий.

В результате получены уравнения регрессии в виде полинома первой степени:

1. Критическая скорость движения автомобиля при заносе на левом повороте, км/ч

$$V_3 = 58,1 + 18,0 X_1 + 17,5 X_2 - 2,2 X_3. \quad (10)$$

2. Критическая скорость движения легкового автомобиля при опрокидывании на правом повороте, км/ч

$$V_0 = 130,5 + 35,7 X_1 + 11,8 X_2 + 9,5 X_3. \quad (11)$$

Разработанная методика аналитического исследования поперечной устойчивости автомобилей рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся эксплуатацией автомобильного транспорта.



## ПРАВОРУЛЬНЫЕ АВТОМОБИЛИ НА ДОРОГЕ С ПРАВОСТОРОННИМ ДВИЖЕНИЕМ. СТАТИСТИКА. ПРОБЛЕМЫ

Кулько П.А., Нестерова А.О.

Эксплуатация автомобилей с правым расположением рулевого управления в правостороннем движении в Российской Федерации не регламентирована. И появление японских автомобилей на дорогах России связано не с решением необходимых технических проблем, а с получением громадных прибылей торговыми фирмами в Японии и российскими в Приморском крае. И не только. Политика Японии на экспансию Курильских островов всегда распространялась и на Дальний Восток. Удачно выбрав 90-е годы-годы «хаоса» в России, Япония показала свои «мускулы» по уничтожению российского автопрома и «завоеванию» пока транспортного движения на Дальнем Востоке, экспортируя праворульные автомобили.

Во многих странах мира ввоз, регистрация и эксплуатация автомобилей с «непрофильным рулевым управлением» запрещена: в США, странах Европы, например, в Германии, Швейцарии. Из стран СНГ – в Республике Казахстан.

Решение Казахстана об отказе в эксплуатации праворульных автомобилей связано с негативным влиянием на безопасность дорожного движения. По официальным статистическим данным в Казахстане на 1 января 2004 года количество праворульных автомобилей было 35039 и рост количества ДТП составил 136,2 процента; погибших-325,1 процента; раненых-119,3 процента. А в 2005 году, когда число японских автомобилей возросло до 73757 единиц, рост составил, в процентах:

ДТП – 186,5; ПОГИБШИХ – 486,3; РАНЕННЫХ – 259,6.

Рассмотрим недостатки в эксплуатации праворульных автомобилей, негативно влияющих на условия безопасного движения.

1. Расположение рычага переключения передач и ручек управления приборами выполнено под левую руку, что создаёт чувство дискомфорта при управлении.

2. Ограничения видимости водителя при обгоне на узких участках однополосных дорог.

3. Ограничения видимости водителя при движении на вираже при правом или левом поворотах, особенно на горных дорогах.

4. При посадке и высадке пассажиров с левой стороны автомобиля создаётся опасность наезда на них попутного транспорта.

5. Фары создают световой поток, отличающийся от требований провостороннего движения, что приводит к снижению видимости дороги в тёмное время суток и «ослеплению» водителей встречных автомобилей.

Состояние безопасности движения в нашей стране рассмотрим по статистическим данным ГИБДД УВД за 2008 год по количеству учтённых ДТП

Таблица 1 – Выборка из статистических данных по аварийности за 2008 год

Регион	Количество ДТП в 2008 г.	ДТП на 10000 автомобилей на конец 2008 г.	Количество автомобилей на конец 2008 г, шт.	Количество праворульных автомобилей на конец 2008 г., шт.	Доля праворульных автомобилей, %
Еврейская автономная область	415	106,5	24982	16748	67,0
Республика Тыва	386	93,7	37784	5789	15,2
Хабаровский край	2410	83,6	234683	161804	68,9
Приморский край	4554	72,8	554700	350701	63,2
Дальневосточный округ	11848	66,5	1411900	871058	61,7
Ростовская область	6218	57,2	920731	3091	0,3
Волгоградская область	3180	48,9	520977	2614	0,5
Ставропольский край	2810	37,8	585303	6140	1,0
Саратовская область	2588	37,7	522522	746	0,1
Республика Северная Осетия	606	36,1	128343	58	0,05

Из таблицы следует, что увеличение в регионе автомобилей с правым расположением рулевого управления приводит к значительному росту ДТП, особенно в горной местности. Если в горной Тыве праворульные автомобили составляют 15,2 процента, и, как следствие, число ДТП на 10000 автомобилей – 93,7, то в гористой Северной Осетии японских автомобилей – всего 0.05 процента, и число ДТП соответственно – 36,1, что в 2.6 раза меньше.

В целях повышения безопасности движения в России рекомендуем.

1. При автошколах организовать обязательное обучение водителей праворульных автомобилей с выдачей вкладыша в удостоверение водителя.

2. Правительству России предусмотреть создание государственной или частной фирмы по переносу рулевого управления в праворульных автомобилях на левую сторону.

3. ГИБДД УВД Российской Федерации выделить в статистической отчетности количество ДТП с участием праворульных автомобилей.

Считаем, что здоровье и жизнь граждан нашего государства является приоритетными перед прибылью фирм, торгующими автомобилями с правым рулевым управлением.

## ИМПРЕГНИРОВАНИЕ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА СПЕЦИАЛЬНЫМИ СОСТАВАМИ

Митрофанов А.П.

Механизм благоприятного влияния импрегирования основан на улучшении свойств круга, облегчении доставки поверхностно-активных частиц непосредственно в зону контакта режущих зерен АИ и обрабатываемого металла. Это способствует проявлению эффекта Рибендера и снижению адгезионной активности металла к абразиву за счет образования на зерне защитных пленок. В то же время импрегирование превращает АИ в самосмазывающийся, что автоматически снижает и оптимизирует фрикционные и зависящие от них процессы.

Для высокой эффективности воздействия импрегнатора необходима низкоэнергетическая интенсивность химического взаимодействия его со шлифуемым металлом. Таким требованиям в определенной степени удовлетворяют углеводород- и кремнийорганические соединения с функциональными группами активных элементов V–VII групп таблицы Менделеева. Использование органических соединений элементов V–VII групп периодической системы позволит обеспечить синергетический эффект за счет сочетания несколько активных элементов в одном импрегнаторе.

В работе [1] были исследованы импрегнаторы, содержащие элементы VII группы (хлор и фтор), VI группы (сера и кислород), V группы (фосфор и азот). Общие особенности предложенных импрегнаторов: наличие ненасыщенных (двойных) химически активных связей, длинной цепи молекул и активного радикала.

В качестве серофосфорсодержащей присадки использовался ЛАНИ – 317; серохлорсодержащей присадки – алкилсантотрихлорпентан (ЛЗ 27) и трихлорпентиловый эфир диэтилдитиокарбоминовой кислоты (ЛЗ 26); серохлорфосфорсодержащей – трихлорпентиловый эфир диизопропилдитиофосфорной кислоты (ЛЗ 309).

На рис.1 представлены зависимости стойкости АИ от применяемых импрегнаторов. На примере сравнения результатов, полученных при шлифовании кругом, пропитанным элементарной серой и кругом, пропитанным присадкой ЛАНИ–317, видно, что комбинированное сочетание в одном импрегнаторе различных активных составляющих элементов V–VII группы периодической системе намного эффективней, чем при импрегировании одним компонентом.

Наиболее используемым в практике методом повышения эксплуатационных свойств АИ является пропитывание серой. В круге сера находится в химически несвязанном (активном) состоянии, поэтому вступает в взаимодействие с металлом срезаемых стружек, образуя при этом сульфид железа, который обладает хорошей смазочной способностью.

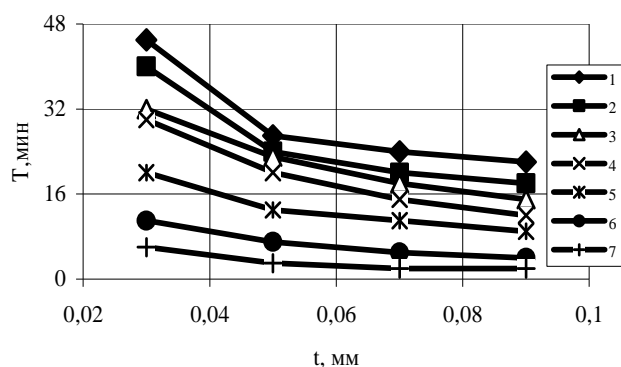


Рис. 1. Влияние различных импрегнаторов на стойкость АИ:  
 1 – ЛАНИ – 317; 2 – ЛЗ – 27; 3 – сера; 4 – ЛЗ – 309; 5 – Д – I; 6 – ЛЗ – 26; 7 – СК

Исследование применения серы в качестве импрегнатора проводили на плоскошлифовальном станке модели 3Г71, с охлаждением 3% содовым раствором на образцах из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т шлифовальными кругами характеристики ПП 200×20×76 25АФ90К7V5 на режимах:  $V_{кр}=28$  м/с;  $V_{ст}=12$  м/мин;  $t=0,01$  мм/ход. Шероховатость обработанной поверхности контролировали с помощью прибора «СЕЙТРОНИК ПШ8-3», износ АИ – индикатором часового типа. Силы резания замеряли, применяя динамометр УДМ-100, усиливая сигнал с последующим преобразованием сигнала через АЦП. Данные поступали в компьютер и обрабатывались программой «PowerGraph».

Таблица 1

	Износ, мкм	$R_a$ , мкм	$P_z$ , Н	$P_y$ , Н	$P_z/P_y$
Стандартный круг	62	3,7	73	86	0,85
Пропитка серой	27	2,9	65	152	0,44

Результаты исследования приведены в таблице 1. Полученные данные подтверждают эффективность применения серы в качестве импрегнатора АИ: износ круга более чем в 2 раза меньше, чем у стандартного круга; отношение сил резания  $P_z/P_y$  также существенно ниже. Это свидетельствует о положительной динамике резания; качество поверхности при шлифовании импрегнированным кругом в 1,3 раза выше.

Литература:

1. **Островский, В. И.** Импрегнированный абразивный инструмент / В. И. Островский. Обзор. – М.: НИИмаш, 1983. – 72 с.

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА ГЛУБИННОГО ШЛИФОВАНИЯ КРУГАМИ КОНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Носенко В.А., Зотова С.А., Носенко С.В.

К числу основных показателей надежности абразивного инструмента относятся наработка  $V$ , например, объемная, характеризующая объем выполняемой работы, и режущая способность  $Q$ , определяющая среднюю производительность процесса. Т. к. наработка во времени непостоянна, нами был введен еще один показатель. Это мгновенная режущая способность  $q$ . Этот показатель представляя собой производную наработки по времени  $\tau$ . При обработке в условиях самозатачивания или принудительного самозатачивания круга под воздействием алмазного ролика в условиях непрерывной правки, мгновенная режущая способность и составляющие силы шлифования имеют одинаковую функциональную зависимость от времени. Из этого следует, что, используя математические модели  $V$ ,  $Q$  и  $q$ , можно не только предвидеть закономерности изменения силы шлифования, но и разрабатывать более совершенные математические модели силы шлифования и управления процессом.

Т.о. цель работы заключалась в создании математических моделей и исследовании закономерностей изменения показателей процесса при шлифовании на глубину  $t$  плоской горизонтальной поверхности шириной  $B$  и длиной  $L$  кругом радиуса  $R$ , периферия которого представляет коническую поверхность с углом  $\alpha$  при вершине.

Первоначально были разработаны интегральные модели наработки для всех этапов шлифования поверхности полного цикла (неограниченных длины и ширины) [1]:

$$\text{— этап врезания: } V_p(\tau) = \frac{1}{6 \operatorname{tg} \alpha} F(z) \Big|_{b-\tau v_s}^b, \quad (1)$$

где:

$$F(z) = 6Raz - 2az\sqrt{a^2 + z^2} - a^3 \ln(z + \sqrt{a^2 + z^2}) + 2Rz\sqrt{R^2 - z^2} + \\ + R^3 \arcsin \frac{z}{R} - z^3 \cdot \ln(a + \sqrt{a^2 + z^2}) + z^3 \cdot \ln(R - \sqrt{R^2 - z^2}), \quad a = t - R;$$

— этап постоянной длины дуги контакта:

$$\text{— } V_{\text{п}}(\tau) = \frac{\tau v_s t^2}{2 \operatorname{tg} \alpha}; \quad (2)$$

— этап выхода:

$$\text{— } V_{\text{в}}(\tau) = \frac{\tau v_s t^2}{2 \operatorname{tg} \alpha} - V_p(\tau). \quad (3)$$

Интегральные модели режущей и мгновенной режущей способностей были получены соответственно делением модели наработки на время и дифференцированием наработки по времени шлифования.

Обработка деталей малой длины и ширины имеет ряд особенностей по сравнению с обработкой деталей полного цикла большой протяженности: этапы врезания и выхода разбиваются на подэтапы; этап постоянной длины дуги контакта меняется на этап набора глубины, который может реализоваться полностью или не полностью. Для различных сочетаний малых размеров заготовки (поверхность неполного цикла неограниченной и ограниченной ширины) и параметров круга с учетом формул (1) – (3) были также разработаны соответствующие интегральные модели  $V$ ,  $Q$ ,  $q$  [2]. С использованием полученных моделей были рассчитаны значения  $V$ ,  $Q$ ,  $q$  и разработаны аппроксимированные модели, представляющие собой полиномы 3–6 порядка. На всех этапах шлифования и для всех типов сочетаний малой ширины и длины поверхности шлифования сохраняется взаимосвязь между числовыми коэффициентами полиномов основных показателей надежности: равенство коэффициентов полиномов наработки и режущей способности; функциональная связь между коэффициентами полиномов наработки и мгновенной режущей способности, вытекающая из дифференцирования полинома наработки.

Для интегральных и полиномиальных моделей показателей надежности проведен дифференциальный анализ. Исследован характер и выявлены особенности изменения указанных параметров при шлифовании на различных режимах: скорость подачи стола 25 – 300 мм/мин, глубина шлифования 1 – 6 мм, радиус круга 125 – 250 мм, угол конуса рабочей поверхности 0 – 85°. Установлены отличия между рассматриваемыми параметрами по сравнению с заготовками неограниченной длины и ширины.

Литература:

1. **Носенко, В.А.** Математические модели наработки и режущей способности при глубинном шлифовании коническими кругами./ В.А. Носенко, Зотова С.А., С.В. Носенко // Сборник трудов II Международной научно-технической конференции «Теплофизические и технологические аспекты управления качеством в машиностроении» (Резниковские чтения) ТГУ, Тольятти, Май, 2008. – С. 169–173.

2. **Носенко, В.А.** Математические модели показателей надежности процесса глубинного шлифования поверхности различной ширины и длины / В.А. Носенко, Зотова С.А., С.В. Носенко // Сб. трудов Всероссийской научно-технической конференции «Повышение эффективности механообработки на основе моделирования физических явлений» ГОУ ВПО РГАТА им. П. А. Соловьева, Рыбинск, 25-28.05.2009.– С. 181–187.

## СПОСОБ УСТРАНЕНИЯ ИЗОГНУТОСТИ ТОРЦОВ ПОДШИПНИКОВЫХ КОЛЕЦ ШЛИФОВАНИЕМ

Носенко В. А., Орлов С. В., Тышкевич В. Н.

Подшипниковые кольца после термообработки приобретают неплоскостность и изогнутость торцовых поверхностей под действием остаточных температурных напряжений. Наличие изогнутости торцовой поверхности существенно усложняет процесс шлифования, поскольку под действием магнитного поля стола станка кольца получают дополнительную деформацию.

Для устранения изогнутости торцовых поверхностей используют различные технологические приемы: снимают небольшие припуски, многократно переворачивая кольцо; уменьшают напряженность магнитного поля, снижают режимы и повторяют первую операцию; шлифуют без закрепления магнитным полем, обкладывая кольцо упорами пр.[1]. Реализация перечисленных способов существенно увеличивает время обработки и стоимость операции.

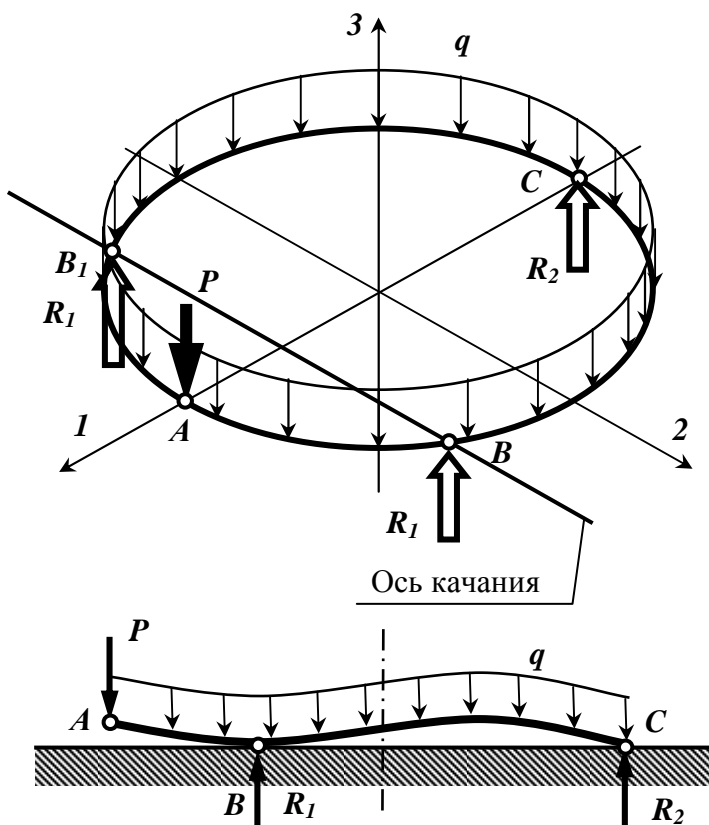


Рисунок 1 - Схема нагружения кольца

технологические приемы: снимают небольшие припуски, многократно переворачивая кольцо; уменьшают напряженность магнитного поля, снижают режимы и повторяют первую операцию; шлифуют без закрепления магнитным полем, обкладывая кольцо упорами пр.[1]. Реализация перечисленных способов существенно увеличивает время обработки и стоимость операции.

В связи с этим цель данных исследований заключалась в разработке нового способа шлифования торцов колец подшипников, обеспечивающего высокую производительность при заданных требованиях к неплоскостности обработанной поверхности.

Результаты исследования неплоскостности торцов колец

позволяют принять расчетную схему трехточечного первичного касания поверхности стола при шлифовании. Исходя из этого, в расчетной схеме (рис. 1) принято, что кольцо касается стола в трех точках ( $B$ ,  $B_1$ ,  $C$ ), расположенных на равных расстояниях по периметру кольца. Кольцо нагружено сосредоточенной силой  $P$  (от действия шлифовального круга) и равномерно распределенной нагрузкой  $q$  (от действия магнитного поля), перпендикулярными плоскости кольца.

При действии указанной нагрузки максимальное осевое перемещение (прогиб)  $w$  возникает в точке  $A$ . Используя метод Мора, в полярной системе координат получим [2]:

$$w = \frac{2r^3 I_{zc}}{EI_z I_y} [\eta_y (0,08395 P + 0,03198 qr) + \eta_k (0,01902 P + 0,00369 qr)] \quad (1)$$

где  $\eta_y = I_{yc}/I_{zc}$ ;  $\eta_{zy} = I_{yczc}/I_{zc}$ ;  $\eta_k = EI_y I_z / (GI_{zc} I_k)$ ;  $I_k$  - момент инерции сечения при кручении;  $I_{yc}$ ,  $I_{zc}$ ,  $I_y$ ,  $I_z$ ,  $I_{yczc}$  - осевые и центробежный моменты инерции относительно главных центральных осей  $y$ ,  $z$  и центральных осей в плоскости кольца  $y_c$ ,  $z_c$ ;  $E$ ,  $G$  - модули нормальной и касательной упругости материала кольца.

Численные расчеты приведены для кольца конического роликового подшипника. Координаты центра тяжести поперечного сечения кольца  $y_c$ ,  $z_c$ , диаметр центральной окружности  $D_0$  и другие геометрические характеристики будут равны:  $y_c = 7,86$  мм;  $z_c = 5,44$  мм;  $D_0 = D_1 + 2z_c = 368,35$  мм;  $I_{zc} = 2755$  мм<sup>4</sup>;  $I_{yc} = 495,2$  мм<sup>4</sup>;  $I_{yczc} = 394,4$  мм<sup>4</sup>;  $I_z = 2840$  мм<sup>4</sup>;  $I_y = 410$  мм<sup>4</sup>;  $\alpha = -19,2^0$ ;  $I_k = 1762$  мм<sup>4</sup>;  $\eta_y = 0,18$ ;  $\eta_{zy} = 0,143$ ;  $\eta_k = 0,63$ . Максимальное осевое перемещение находим по формуле (1):  $w = 0,00381P + 0,20956q$ . (2)

По допуску на неплоскостность  $[w]$  торцевой поверхности стола из формулы (2) можно определить величину допускаемой вертикальной нагрузки  $[P]$  без действия магнитного поля. Если принять  $[w] = 15$  мкм, то величина допускаемого усилия  $[P] = [w] / w = 0,015 / 0,00381 = 3,94$  Н.

Исходя из проведенных исследований, разработан способ устранения изогнутости торцов колец шлифованием, при котором шлифование первого торца производится без действия магнитного поля стола с вертикальным усилием шлифования  $P$ , обеспечивающем осевое перемещение (максимальный прогиб) меньше допуска на неплоскостность торцов [3].

Литература:

1. **Коротков, Б. И.** Исследование процессов шлифования внутренних и наружных конусов деталей класса колец: Монография / Б. И. Коротков, С. Б. Коротков, В. Н. Тышкевич, С. В. Орлов; под ред. Б. И.Короткова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – 133 с.
2. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Т. 1 / Под ред. И. А. Биргера, Я. Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1988. – 832 с.
3. **Пат. 2370354 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 24 В 7/04.** Способ устранения изогнутости торцов деталей класса колец шлифованием / Орлов С. В., Тышкевич В. Н., Коротков Б. И., Носенко В. А. ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Волгоградский гос. тех. ун-т. – № 2008110458/02 ; заявл. 18.03.08 ; опубл. 20.10.09, Бюл. № 29. – 3 с.



# О НЕОБХОДИМОСТИ ВЫБОРА МЕТОДА РАСЧЕТА РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ УЧЕТЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И СБОРКИ МНОГООПОРНЫХ УЗЛОВ ПОДДЕРЖКИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВС

Санинский В. А., Кочкин М. В.

При сборке многоопорных подшипниковых узлов (рисунок 1) возникает неравномерность зазоров  $S$ . Происходит это из-за изменчивости диаметров поверхностей контакта коренных подшипников, возникающей вследствие векторного суммирования их погрешностей. Это приводит к неравномерности радиальных зазоров в парах трения и снижению запаса точности (работоспособности). Способствует этому наличие неравномерности натягов  $N_1, N_2, N_3$ .

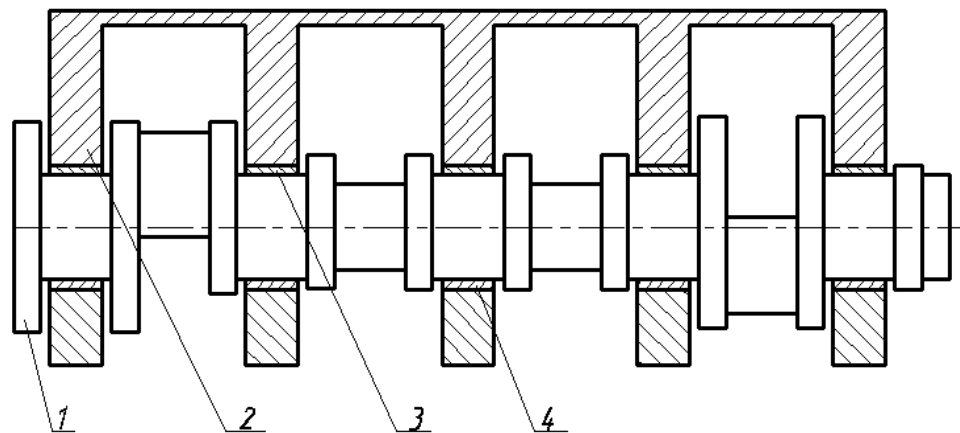


Рис. 1. Схема многоопорного узла поддержки коленчатого вала: 1 – коленчатый вал, 2 – картер, 3 – верхний коренной вкладыш, 4 – нижний коренной вкладыш

Расчеты этих зазоров и посадок традиционными методами «максимум»-минимум» и вероятностным указывают на неравномерность радиальных зазоров  $S$  в соосных парах трения подшипник- шейка вала. Сами расчеты являются приблизительными из-за отсутствия системы допусков и посадок сборной конструкции, состоящей из полуотверстий постели и вкладышей. Для повышения точности расчетов предложено основой такой системы взять сборный подшипник (рисунок 2, а), представив его в виде условной втулки диаметром  $D_y$  с условным полем допуска  $TD_{y.в.}$ . Тогда допуск  $TD_{y.в.}$  замыкающего звена  $A_\Delta$  определяется как сумма допусков составляющих звеньев, показанных на схеме плоской размерной цепи (рисунок 2, д). Традиционный метод «максимум» - минимум» показал, что запас на износ составит 0,1 мм, а вероятностный метод – 0, 2 мм.

Такая разница в расчетах связана из-за сложностей в определении расчетных коэффициентов. Из-за отсутствия данных о законах распределения погрешностей, обычно их принимают равными единице, приходят к некорректным выводам: запасы на износ различаются в два раза (0.1 и 0,2 мм). Разработанная система допусков и посадок (рисунок 1) позволяет использовать методы групповой и индивидуальной сборки МУПВ, которые позволили увеличить запасы на износ  $S_{in}$  МУПВ до 0, 4 мм, коэффициенты запаса точности

Кт, соответственно, в 2 и 4 раза.

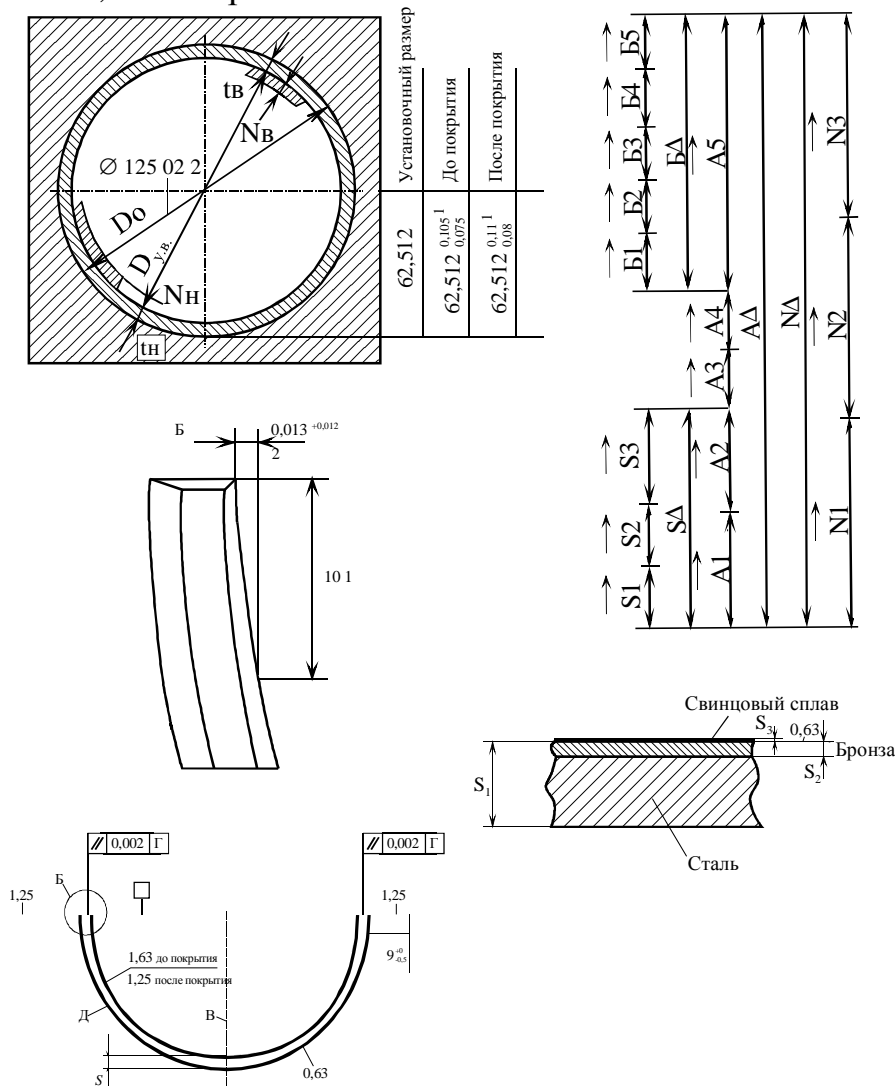


Рисунок 2 – Геометрические параметры вкладышей коренного подшипника и составляющие звенья размерной цепи А условной втулки-подшипника: а – вид сборочного подшипникового узла; б - геометрические параметры «лимонной» расточки; в – вид вкладыша; г- поперечное сечение; д- схема связанных размерных цепей,  $N_{\Delta}$  – звено - натяг,  $A_{\Delta}$  - звено - зазор.

Однако анализ литературных источников показал, что не рассмотрены возможности таких методов, как зависимый допуск, пригонки, регулировки, одного качества, равных допусков (см. ГОСТ 16319 и ГОСТ 16320), что требует дополнительных исследований.

## О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ СБОРКЕ МНОГООПОРНЫХ УЗЛОВ ПОДДЕРЖКИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВС

Санинский В.А., Тышкевич В.Н., Платонова Ю.Н.

При сборке многоопорных узлов (рисунок 1) происходит изменение диаметров поверхностей контакта коренных подшипников, возникающее вследствие векторного суммирования погрешностей в плоскости наименьшего сближения пар трения. Это приводит к неравномерности радиальных зазоров в парах трения, образованию лимитирующей работоспособности пар и снижению их ресурса [1-5].

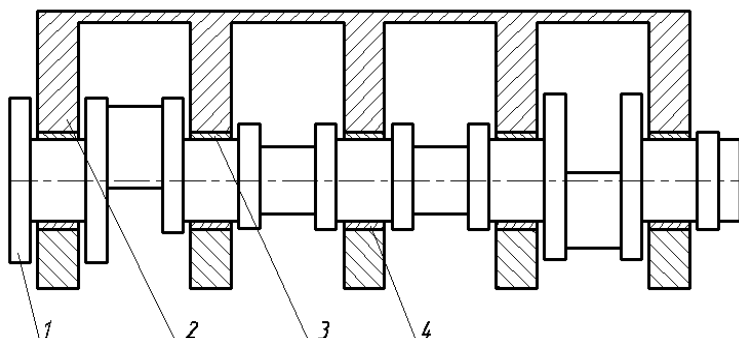


Рис. 1. Схема многоопорного узла поддержки коленчатого вала: 1 – коленчатый вал, 2 – картер, 3 – верхний коренной вкладыш, 4 – нижний коренной вкладыш

Для повышения устойчивости системы по действительным отклонениям поверхностей контакта коренных опор, толщин вкладышей и коренных шеек коленчатого вала нужно рассчитывать образуемую условную втулку-подшипник с отклонениями диаметров, равными сумме допусков на диаметр постели и толщины при сборке двух вкладышей в одной постели обеих вкладышей. Такая методология позволяет осуществлять индивидуальную сборку узлов путем подбора комплекта деталей с отклонениями, достаточными для получения равномерных технологических радиальных зазоров в парах трения.

При специальном микрометраже (рисунок 2) было выявлено расхождение в показаниях индикаторных головок, установленных в диаметрально противоположных точках каждой из промежуточных коренных опор. Факты расхождения показаний верхней и нижней индикаторных головок, неустойчивость показаний по мере поворота коленчатого вала подтверждает предположение о совместном проявлении величин прогиба коленчатого вала от собственной деформации под воздействием составляющей сил веса и погрешностей формы шеек.

Теоретическое и экспериментальное обоснование причины возникновения несоосности опорных поверхностей коленчатых валов, опубликованное в работах [1, 5], связано с оценкой ее в условиях деформации в процессе эксплуатации. При этом отмечается, что упругие деформации коленчатых валов ДВС и погрешности

расположения их базовых поверхностей превышают допуски, общепринятые в двигателестроении.

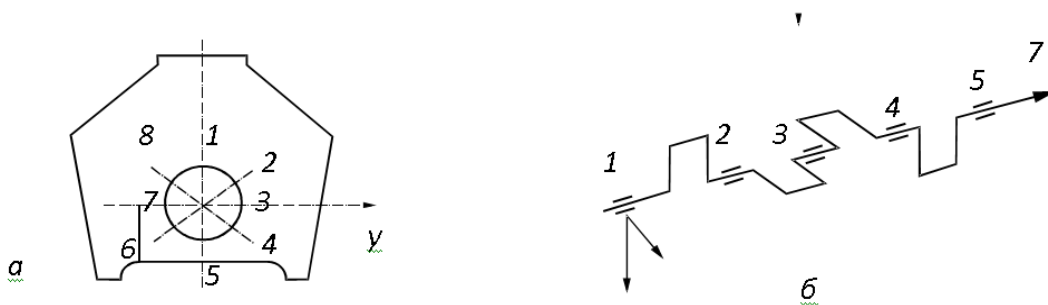


Рис. 2. Схема измерений биения коренных шеек: а – вид сбоку корпуса; б – схема расположения коренных шеек колен; 1 ... 8 – фиксированные точки измерений коренных опор в плоскостях поперечного сечения; 1...5 – номера коренных шеек

Методом Мора посчитан прогиб коленчатого вала дизеля 8ЧВН 15/16 под действием собственного веса с помощью приложения *MathCAD*. Величина прогиба составляет 0,104 мм, что является достаточно большим значением.

Литература:

1. **Тарсис, Ю. Л.** Совместный расчет коленчатых валов и коренных подшипников ДВС / Ю. Л. Тарсис, С. М. Захаров, Е. А. Шорех // Двигателестроение. – 1989. – № 1 – С. 20 – 22, 25.

2. **Назаров, А. Д.** Влияние дисбаланса двигателей на их ресурс, параметры изнашивания и неравномерности износа коренных подшипников коленчатого вала / А. Д. Назаров // Вестник машиностроения. 2004. – № 5. – С. 17–20.

3. **Григорьев, М.А.** Моделирование напряженно-деформированного состояния блок-картера / М. А. Григорьев, А. Н.Терехин, В. С. Денисов // Автомобильная промышленность. 1997. – № 1. – С. 19–23.

4. **Непомилуев, В. В.** Система обеспечения качества сборки путем индивидуального подбора деталей / В. В. Непомилуев, Е. В. Кононова // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2003. – № 3. – С. 10–14.

5. **Санинский, В. А.** Методология повышения запаса точности коренных подшипников скольжения дизелей размерной механической обработкой и компьютерной сборкой / В. А. Санинский ; ВолгГТУ. – Волгоград. 2008. – 237 с. – Деп. в ВИНТИ 30. 09. 08 № 793-В2008.

## **КОНЦЕПЦИЯ КОНДИЦИОНЕРА ПРЯМОГО ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ КАБИН ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Саразов А.В., Грига А.Д.

Как известно, отсутствие системы кондиционирования воздуха в кабинах транспортных средств (автомобили, железнодорожные локомотивы, сельскохозяйственные машины и т.д.) в летний период ведет к повышенной утомляемости водителя, ухудшению его внимания за счет превышения температуры воздуха, установленной санитарными нормами. Такое состояние водителя ставит под угрозу здоровье и жизнь не только его самого, но и жизнь других участников дорожного движения.

Наиболее распространенные в настоящее время системы кондиционирования с парокомпрессионными холодильными машинами регулируют только температуру воздуха. Причем при охлаждении воздуха происходит понижение его влагосодержания. Пониженная влажность воздуха вызывает раздражение всех слизистых, что приводит к дискомфорту, а при постоянном воздействии такого воздуха – к серьезным заболеваниям.

Современные тенденции развития кондиционеростроения связаны со снижением энергетических и материальных затрат при производстве и эксплуатации кондиционеров. Кондиционеры испарительного охлаждения наилучшим образом отвечают данным тенденциям. В данных кондиционерах для обработки воздуха используется вода, испарение которой приводит к охлаждению и увлажнению обрабатываемого воздуха.

Кроме низкой себестоимости, низкой материалоемкости и низких энергозатрат данный тип кондиционеров также характеризуется простотой конструкции и высокой надежностью. Для их обслуживания и ремонта не требуется специального оборудования, которые могут выполняться силами штатного состава любого предприятия. Из кондиционеров с испарительным охлаждением максимальной эффективностью обладают кондиционеры прямого испарительного охлаждения.

Для эффективной работы данных кондиционеров необходимо иметь большую поверхность контакта воздуха с водой. Увеличение поверхности контакта может производиться различными способами – пленочное испарение, распыл форсунками, распыл с помощью вращающихся распылителей. Последние являются более надежными, не требовательны к качеству воды, не создают дополнительного сопротивления потоку воздуха в проточной части как при пленочном испарении.

На кафедре механики ВПИ (филиала) Волг ГТУ разработана и испытана следующая схема кондиционера прямого испарительного охлаждения (Рисунок 1).

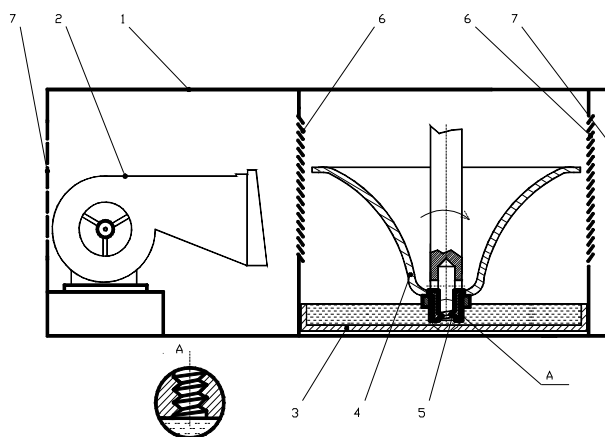


Рис. 1. Схема кондиционера прямого испарительного охлаждения с распылителем и импеллером

Кондиционер состоит из корпуса 1, вентилятора 2, поддона для воды 3, распылителя 4 с импеллером 5, капле улавливающих решеток 6 и декоративных решеток 7.

Воздух, подаваемый вентилятором 2, проходит через распыленную воду, в результате чего увлажняется и охлаждается. Форма распылителя позволяет минимизировать влияние потока воздуха на процесс каплеобразования. Импеллер 5 представляет собой многозаходную прямоугольную внутреннюю резьбу и служит для подачи воды в распылитель. Каплеулавливающие решетки препятствуют пневмопереносу капель воды из кондиционера.

На распылитель с импеллером получен патент РФ 2115486 МКИ 6 В 05 В 3/02, 3/12.

Результаты исследования позволяют оптимизировать работу кондиционера и выбрать оптимальные режимные и конструктивные параметры при проектировании новых кондиционеров на базе предлагаемой схемы.

## **ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ФРИКЦИОННО-ИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ ФРИКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ**

Тарасова Т. С.

Фрикционный материал должен: обеспечивать стабильное значение коэффициента трения в широком диапазоне скоростей, давлений и температур; хорошо прирабатываться к контрэlementу, не схватываясь с ним; быть коррозионностойким, не горючим; обладать механической прочностью и износостойкостью; иметь соответствующие теплофизические свойства; быть технологичным.

Фрикционный материал, сформованный при теплом формировании, отличается от фрикционного материала, сформованного при горячем

формировании, более высокой стабильностью коэффициента трения, особенно в области повышенных температур (более 300°C).

Фрикционный материал, сформованный при горячем формировании, имеет: более высокую износостойкость (при  $T = 200\text{ °C}$  износостойкость улучшается на 20...25 %); более высокий уровень механической прочности, что обеспечит длительную работу накладок при многократных нагрузках в реальных узлах трения без разрушения.

На величину прочности соединения накладка – каркас оказывают влияние: условия формирования адгезионного контакта (температура, давление, продолжительность); качество подготовки поверхности каркаса (наличие шероховатости, нанесение клеевого покрытия); состав и структура фрикционного материала.

При увеличении температуры формования (60...165 °C) значительно увеличивается твердость фрикционного материала.

Влагопоглощение фрикционного материала зависит от его состава и структуры. Увеличение содержания органического связующего и температуры формования способствует снижению способности фрикционного материала к поглощению влаги, в связи с увеличением плотности фрикционного материала и уменьшением его пористости.

Учитывая, что тормозные накладки должны обладать определенной пористостью, то необходимый ее уровень можно достичь варьированием содержания связующего и температуры при формировании фрикционного материала.

Поглощенная жидкость оказывает влияние на величину прочности соединения накладки с колодкой дискового тормоза. Причем, абсолютная величина изменения прочности при сдвиге значительно уменьшается при увеличении температуры формования.

Накладки, сформованные при горячем формировании, практически не набухают под воздействием жидкостей.

При нагреве тормозных накладок в их материале происходят структурные изменения, сопровождаемые выделением газообразных продуктов. При затрудненном газоотводе этот процесс может привести: к образованию вздутий; к локальному или общему утолщению (разбуханию накладок). Проблема «разбухания» накладок особенно актуальна в связи с переходом на безасбестовые накладки, так как заменители асбеста, как правило, обладают худшими свойствами газоотвода.

Фрикционные материалы с высокой твердостью, изготовленные горячим формированием, «разбухают» при нагреве значительно больше, чем фрикционные материалы теплового формирования, имеющие меньшую твердость.

Таким образом, при нагреве накладок, во фрикционном материале происходят структурные изменения, сопровождаемые выделением газообразных продуктов, что в зависимости от особенностей структуры фрикционного материала (плотности, твердости, физико-химической структуры, наличие

добавок, способных поглощать газообразные продукты выделения и других факторов) может приводить к локальному утолщению накладок или сопровождаться усадочными явлениями. Об интенсивности этих явлений можно судить по величине тепловой усадки или разбухания.

Большое значение имеет также и показатель сжимаемости накладок. Чем выше твердость фрикционного материала, тем меньше его сжимаемость. Чем больше давление сжатия, тем выше сжимаемость. Варьированием рецептурно-технологических факторов можно без особого труда добиться необходимой степени сжимаемости тормозных накладок.

Теплофизические свойства фрикционных материалов изменяются в зависимости от вида волокнистого наполнителя. Наибольшей теплопроводностью обладает фрикционный материал на основе стального волокна, безасбестовый материал на основе стекловолокна близок к асбестофрикционному материалу. При увеличении температуры до 300°C в наибольшей степени теплопроводность увеличивается у асбестофрикционного материала.

Наиболее высокой антикоррозионной стойкостью отличается фрикционный материал на основе стекловолокна, материалы на основе асбеста и стального волокна практически равнозначны.

Таким образом, на физико-механические и фрикционно-износные свойства фрикционного материала оказывает влияние ряд рецептурно-технологических и других факторов, варьируя которые можно достичь требуемого уровня эксплуатационных свойств.

## **О ПРЕИМУЩЕСТВАХ НОВЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ДЛЯ СКОРОСТНОЙ НАМОТКИ ТОНКИМИ ПРОВОДАМИ МАЛОГАБАРИТНЫХ КАТУШЕК, ИМЕЮЩИХ КОЛЬЦЕВОЙ СЕРДЕЧНИК ЛЮБОЙ ВЫСОТЫ**

Трегубов А.В., Ладыгина О.М.

Во многих современных приборах, системах управления и источниках их питания применяются малогабаритные кольцевые обмоточные изделия. Они используются в качестве трансформаторов, катушек индуктивности в элементах логических, запоминающих и переключающих устройств. Важнейшим преимуществом, например, счетно-решающих систем с элементами логики на кольцевых сердечниках является абсолютная помехоустойчивость таких систем к супермощным электромагнитным излучениям, поэтому общий выпуск малогабаритных кольцевых обмоток для систем двойного назначения составляет десятки миллионов штук в год. Приведем некоторые технические требования к кольцевым изделиям:

к конструкции:

- внутренний диаметр обмоток  $d$ , мм, до 0,5;
- отношение высоты обмотки к  $d$ , до 20;



- длина провода обмотки, м, до 6;
- диаметры проводов, мм, 0,06...0,15;  
к точности и надежности:
- по точности количества витков;
- по электрическим характеристикам;
- по сопротивлению изоляции;
- по климатическим и другим испытаниям.

Указанные особенности конструкций и требования по точности и надежности кольцевых обмоток во многих случаях затрудняли использование имеющегося на заводах намоточного оборудования. Ввиду этого намотка проводов на кольцевые каркасы стала тяжелым ручным трудом для тысяч намотчиц, а в целевых программах технического переоснащения предприятий была поставлена задача создания нового оборудования для производства современных конструкций кольцевых обмоток и намечены технико-экономические характеристики перспективных намоточных станков (ОСТ4ГО.059.024).

Эта задача была решена на основе разработки и исследования новых методов и средств кольцевого наматывания. Их преимущества заключены в использовании челочно-шпульной системы изменяемой кривизны. Гибкий челнок и связанная с ним гибкая шпуля, несущая запас провода, движутся по направляющим элементам, выполненным в виде секций, одна из сторон которых имеет криволинейную форму и снабжена канавкой. При этом секции установлены на основании попарно таким образом, что канавки образуют полость для размещения шпули, а челнок выполнен либо в виде спиральной пружины, либо в виде проволоки с ушком [1]. Такое решение позволяет на участке кольцевого каркаса направить челочно-шпульную систему строго по прямой траектории в центр отверстия каркаса, получив практически любое отношение высоты обмотки к ее внутреннему диаметру; это же преимущество позволяет на участке схода провода со шпули иметь регулируемую или управляемую по программе траекторию движения шпули, обеспечивающую при максимальной орбитальной скорости челнока возможно допустимый максимум ускорения сматывания провода со шпули [2], что обеспечило скорость наматывания до 20 витков в секунду.

Научная новизна.

1 Разработан новый высокоскоростной метод наматывания малогабаритных кольцевых обмоток, заключающийся в применении челнока-шпули изменяемой кривизны [1, 2].

2 Получены аналитические и экспериментальные зависимости для расчетного проектирования технологического процесса кольцевого наматывания с гибким челноком-шпулей.

3 Разработан и исследован новый метод наматывания провода на гибкую криволинейную шпулю.

Практические результаты работы.

Разработаны:

1. Инженерные методы расчета оборудования и оснастки для наматывания обмоток гибким челноком- шпулей и алгоритмы расчета на ЭВМ скоростных режимов наматывания.

2. Типовые конструкции станочного оборудования, гибких шпуль и челноков, устройств наматывания запаса провода на гибкие шпули и др.

3. Средства для экспериментального исследования и производственного контроля режимов работы реализуемого нового оборудования.

Литература:

1 А.с. 883985 (СССР) Устройство для намотки кольцевых катушек / А.В. Трегубов, опубл. в Б.И., 1981, № 43 МКИ НОИ F 41/08.

2 А.с. 1293766 (СССР) Устройство для намотки кольцевых катушек / А.В. Трегубов, А.П. Колченко, опубл. в Б.И., 1987, № 8 МКИ НОИ F 41/08.

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ

Тышкевич В. Н., Светличная В. Б.

Для решения задач проектирования и расчета труб из армированных пластиков используется феноменологический подход к определению упругих постоянных и прочности материала, основанный на расчетно-экспериментальных методах. При этом считается, что армированный пластик состоит из квазиоднородных слоев, свойства которых известны. В качестве основного элемента принимается ортотропная полоска с экспериментально определенными характеристиками жесткости и прочности вдоль и поперек направления армирования [1].

Для исследуемого материала необходимо располагать комплексом прочностных и упругих характеристик, которые рекомендуется определять на тонкостенных трубчатых образцах. Параметры технологического процесса изготовления образцов должны быть максимально приближены к параметрам процесса изготовления исследуемых труб.

Для оценки прочности композиционного ортотропного материала при плоском напряженном состоянии с использованием тензорно-полиномиальных критериев Малмейстера, Гольденבלата-Копнова [2] необходимо располагать семью характеристиками прочности. Четыре определяются из экспериментов при одноосных растяжениях и сжатиях в направлениях осей симметрии материала ( $\sigma_{e1}^+, \sigma_{e1}^-, \sigma_{e2}^+, \sigma_{e2}^-$ ), одна - при чистом сдвиге по площадкам симметрии материала ( $\tau_{e12}$ ); и две - при положительном ( $\sigma_{11} = -\sigma_{22} = \tau_{e45}^+$ ) и отрицательном ( $\sigma_{22} = -\sigma_{11} = \tau_{e45}^-$ ) чистых сдвигах по площадкам, наклоненным под углом  $45^\circ$  к двум осям симметрии материала, или при одноосных растяжении и сжатии перпендикулярно к этим площадкам. Индексы 1 и 2 соответствуют направлениям

вдоль и поперек армирования. Для стеклопластика на основе ткани Т-10 и связующего УПЭ 22-27 с объемным содержанием связующего 32 – 33 % экспериментально получен комплекс прочностных и упругих характеристик на трубчатых и плоских образцах [2].

Работоспособность различных критериев оценивалась по результатам испытаний криволинейных труб при чистом изгибе [2]. Для критерия максимальных напряжений отклонение составило – 9,39 %, для модифицированного критерия Мизеса-Хилла – 19,17 %, для критерия Гольденблата-Копнова – 34,12 %. Таким образом, для оценки прочности труб из данного материала рекомендуется использовать критерии максимальных напряжений или Мизеса-Хилла.

Модифицированный критерий Мизеса-Хилла имеет вид [2, 3]:

$$\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{\epsilon 1}^+}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_1 \sigma_2}{\sigma_{\epsilon 1}^+ \sigma_{\epsilon 2}^-}\right) + \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{\epsilon 2}^-}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{12}}{\tau_{\epsilon 12}}\right)^2 = 1, \quad (1)$$

и во II ( $\sigma_1 > 0, \sigma_2 < 0$ ) и III ( $\sigma_1 < 0, \sigma_2 < 0$ ) квадрантах для данного материала имеет вид, соответственно:

$$3,88\sigma_1^2 + 72,8\sigma_2^2 + 536\tau_{12}^2 - 16,8\sigma_1\sigma_2 = 10^6, \quad (2)$$

$$22,9\sigma_1^2 + 72,8\sigma_2^2 + 536\tau_{12}^2 - 40,8\sigma_1\sigma_2 = 10^6. \dots\dots\dots (3)$$

Критерий максимальных напряжений:

$$(\sigma_1 - \sigma_{\epsilon 1}^+)(\sigma_1 + \sigma_{\epsilon 1}^-)(\sigma_2 - \sigma_{\epsilon 2}^+)(\sigma_2 + \sigma_{\epsilon 2}^-)(\tau_{12}^2 - \tau_{\epsilon 12}^2) = 0. \quad (4)$$

Коэффициенты критериев прочности (компоненты тензора поверхности прочности) вычисляются по соответствующим экспериментальным среднеарифметическим значениям характеристик прочности материала. Значение радиус-вектора, соответствующего предельному напряженному состоянию и соединяющего начало координат с точкой на поверхности прочности ( $R^*$ ), определяется по формуле:  $R^* = \sqrt{(\sigma_1^*)^2 + (\sigma_2^*)^2 + (\tau_{12}^*)^2}$ , где  $\sigma_1^*, \sigma_2^*, \tau_{12}^*$  - компоненты прочности, т.е. значения компонент напряжений, при которых для заданного пути нагружения происходит разрушение материала, причем для критериев прочности они определяются теоретически из соответствующих уравнений критериев прочности. Путь нагружения определяют экспериментальные значения  $\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12}$ , которые вычисляются по разрушающей нагрузке в элементарной ортотропной полоске. Величины экспериментальных предельных радиусов вычисляются по формуле:  $R = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \tau_{12}^2)^{1/2}$ . Тогда запас прочности материала будет равен  $n = R^*/R$ .

Литература:

1. **Васильев, В. В.** Механика конструкций из композиционных материалов/ В. В. Васильев. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.
2. **Багмутов, В. П.** Расчет и рациональное проектирование криволинейных труб из армированных пластиков: монография/ В. П. Багмутов, В. Н. Тышкевич, В. Б. Светличная; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – 158

с.

3. Гольденблат, И. И. Критерии прочности и пластичности конструкционных материалов/ И. И. Гольденблат, В. А. Копнов. – М.: Машиностроение, 1968. – 192 с.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ АВТОБУСОВ ВОЛЖАНИН-6270 В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ**

Чернова Г.А., Заболотный Р.В.

В конструкциях тормозных систем автобусов марки «Волжанин» все более широкое применение находят антиблокировочные системы дисковых тормозов иностранного производства. Опыт эксплуатации автобусов «Волжанин 6270», в МУП ВАК-1732 г, показал, что имеются случаи неравномерного износа тормозных накладок и дисков колёс, приводящих к случаям аварийного отказа.

Для выявления определения закономерностей и причин изнашивания тормозных дисков проведено исследование характера износа. Произведено 80 замеров толщины дисков тормозного механизма высокопольных автобусов «Волжанин-6270», работающих на одном маршруте, в дни проведения технических обслуживаний (ТО) с плановой периодичностью 20000 км.

Установлено, что среднеарифметическое значение износа каждого из стенок тормозных дисков между ТО составляет 0,45 мм на средний пробег автобуса 20630 км, причём максимальное значение износа тормозных дисков составило 0,95 мм, минимальное значение 0,1 мм. Анализ износа тормозных дисков по всем осям автобуса показал, что на пробег между ТО минимальное значение износа равно 0,4 мм, максимальное значение износа 1,75 мм.

Заводом-изготовителем установлен предельный размер минимальной толщины дисков 37 мм, при которой диск подлежит замене. При этой толщине износ дисков составит  $45 - 37 = 8$  мм. Учитывая среднеарифметическое значение износа тормозных дисков, равному 0,99 мм, на средний пробег автобуса 20630 км, диски изнашиваются на 8 мм при пробеге 166707 км.

Учитывая неравномерный износ дисков с правой и левой сторон, среднеарифметическое значение которого равен 0,64 мм, износ тормозных дисков может составить  $0,99 \pm 0,64 = 0,35...1,63$  мм. В связи с этим, пробег до замены тормозных дисков может составить от 75939 до 353657 км.

Таким образом, при анализе замеров толщины внутренних и наружных стенок тормозных дисков определено, что диски изнашиваются неодинаково. Распределение износа стенок тормозных дисков не подчиняется нормальному закону и стенка диска, находящаяся со стороны тормозного привода, изнашивается быстрее.

Неравномерный износ в целом тормозных дисков одного тормозного механизма, а также их стенок, по нашему мнению вызван следующими причинами:

– применением пневматического привода тормозного суппорта с запаздыванием прижатия тормозных накладок на диск, расположенный со стороны тормозной камеры;

– эксплуатацией автомобилей с неисправными тормозными механизмами, с подклиниванием тормозного механизма при движении или отсутствием тормозного момента на колесе при торможении;

– функционированием антиблокировочной системы тормозов, приводящей к различным условиям работы тормозных механизмов колёс и их неравномерному износу.

С учетом проведенных исследований при эксплуатации автобусов рекомендуется:

1) контроль состояния тормозных накладок осей автобусов производить каждое ТО-1 и ТО-2;

2) производить контроль технического состояния тормозных систем на роликовом силовом стенде с периодичностью ТО-1 (X-обслуживание);

3) вести систематические замеры, учёт и анализ замен и изменения размеров тормозных накладок и дисков при ТО и текущем ремонте для выявления неисправностей тормозного привода и планирования замен колодок.

Для систематизации накопления информации о заменах и измеренных значениях износа тормозных дисков и накладок на кафедре «Автомобильный транспорт» разработан программный комплекс. Данный комплекс позволяет автоматизировать процесс обработки данных для получения информации о количестве замен по различным критериям и сравнивать средние и текущие интенсивности изнашивания. Планируется ввести программный комплекс в действие в МУП ВАК-1732.

Таблица 1 – Результаты расчётов

Среднеарифметическое значение, мм		
Износ каждой стенки дисков при среднем пробеге 20630 км между ТО-2	Разница в размерах стенок дисков одного тормозного механизма	Суммарный износ диска
0,45	0,64	0,99
Дисперсия распределения размеров		
0,56	0,789	0,372
Закономерность		
Вейбулла (Эрланга)	Вейбулла (Эрланга)	Вейбулла (Эрланга)

# ДИНАМИКА УДАЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА В ЗОНЕ КОНТАКТА ДЕТАЛИ С КРУГОМ

Савин А.И.

Съем материала единичными абразивными зернами в зоне обработки соответствует при формальном описании изменению вероятности удаления материала. Если поверхность получена в результате воздействия инструмента, не имеющего регулярной геометрии, то вероятность удаления металла с учетом наличия исходной шероховатости определяется по зависимости:

$$P(M) := 1 - e^{-\alpha(y) - \alpha(y, \tau)}$$

где  $\alpha(y)$  – показатель, определяющий вероятность удаления материала на уровне  $Y$  до входа поверхности в зону контакта детали с кругом.

$\alpha(y, \tau)$  – показатель, определяющий изменение вероятности удаления материала в зоне контакта детали с кругом.

Изменение параметра  $\alpha(y, \tau)$  определяется приращением суммы поперечных размеров профилей абразивных зерен и вычисляется:

$$\alpha(y, \tau) := K_c \cdot b(u) \cdot \Delta\lambda$$

где  $K_c$  – коэффициент стружкообразования.

$b(u)$  – ширина профиля зерна, при моделировании профиля параболой.

$\Delta\lambda$  – число вершин, прошедших через сечение.

Основной задачей является нахождение  $\Delta\lambda$ .

За время  $\Delta\tau$  заготовка наползет на круг на величину  $\Delta S$ :

$$\Delta S := \Delta\tau \cdot V_s,$$

а абразивный круг в сечении под углом  $\phi$ , углубится в заготовку на величину  $\Delta h$ :

$$\Delta h = \Delta S \cdot \sin(\phi) = V_s \cdot \sin(\phi) \cdot \Delta\tau$$

за то же время через данное сечение пройдет участок круга длиной  $\Delta L$ , (рис. 1):

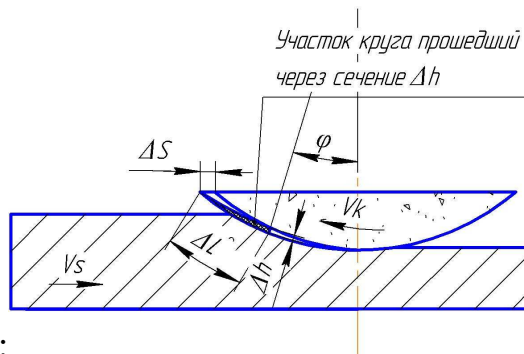


Рис. 1. Участок круга прошедший через сечение  $\Delta h$

Если участок круга, прошедший через сечение  $\Delta h$ , развернуть параллельно относительно оси  $y$ , то данный участок круга принимает вид половины параллелепипеда со сторонами  $\Delta h$  и  $\Delta L$ .

Таким образом, для нахождения количества зерен, прошедших через данное сечение за время  $\Delta\tau$ , необходимо выяснить, какое количество зерен находится в объеме половины параллелепипеда. Для этого необходимо составить уравнение плоскости M1M2M3.

$$u \cdot y - b \cdot z = 0$$

выражая  $z$ , получим:

$$z = \frac{u \cdot y}{b} = \frac{u \cdot y}{\frac{V_k \cdot u}{V_s \cdot \sin(\phi)}} = \frac{V_s \cdot \sin(\phi) \cdot y}{V_k}$$

Получив пределы интегрирования, необходимо проинтегрировать плотность распределения режущих кромок.

Исходя из этого, получаем интегральное уравнение:

$$\Delta\lambda = n_3 \cdot 10^6 \cdot \int_0^1 \int_0^{\frac{u \cdot V_k}{V_s \cdot \sin(\phi)}} \int_0^{\frac{V_s \cdot \sin(\phi) \cdot y}{V_k}} C_f \cdot u^{\chi-1} du dy dx$$

После решения интеграла получаем уравнение:

$$\Delta\lambda = \frac{1000 \cdot V_k \cdot u \cdot n_3}{V_s \cdot \sin(\phi) \cdot (\chi + 1)} \cdot \left( \frac{Hu}{u} \right)^{-\chi}$$

При помощи данного уравнения можно определить, какое количество зерен прошло через данное сечение под данным углом  $\phi$  за время  $\Delta\tau$ .

При прохождении через сечение ширины профиля зерна при моделирование профиля параболой вычисляется:

$$b(u) = C_b \cdot (u)^m$$

где  $C_b$  и  $m$  – коэффициент и показатель степени в уравнении параболы.

Таким образом, для определения  $\alpha(y, \tau)$  необходимо проинтегрировать выражение  $\alpha(y, \tau) := K_c \cdot b(u) \cdot \Delta\lambda$  через пределы, найденные ранее:

$$\alpha(y, \tau) = n_3 \cdot K_c \cdot C_f \cdot C_b \cdot 10^6 \cdot \int_0^1 \int_0^{\frac{u \cdot V_k}{V_s \cdot \sin(\phi)}} \int_0^{\frac{V_s \cdot \sin(\phi) \cdot y}{V_k}} (u)^m \cdot u^{\chi-1} du dy dx$$

В результате можно найти вероятность удаления металла для данного сечения под данным углом  $\phi$  за время  $\Delta\tau$  на уровне  $u$ .

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ ХТЦО

Семёнов С. В.

В последнее время разработанные новые технологические процессы ХТО, осуществляемые в контролируемых технологических атмосферах с регулируемым

углеродным потенциалом насыщающей атмосферы, не всегда способны обеспечить требуемые механические свойства, так как имеют ограниченные возможности влияния на структуру образования диффузионного слоя. Поэтому в данной работе изучалась возможность увеличения количества факторов, влияющих на формирование диффузионного слоя за счёт применения ХТЦО (химико-термической термоциклической обработки) по сравнению с ХТО при постоянной температуре.

Периодическое изменение температуры при ХТЦО приводит к изменению растворимости углерода в аустените и образованию избыточной фазы в виде карбидов. В первом цикле при нагреве аустенит насыщается углеродом до предельной концентрации при данной температуре. Во время охлаждения за счёт уменьшения растворимости углерода в  $\gamma$ -железе из аустенита выделяется цементит. В процессе второго нагрева насыщение аустенита будет происходить из атмосферы печи, выделившиеся карбиды полностью не растворяются. Следовательно, от цикла к циклу будет происходить увеличение количества углерода в аустените за счёт выделения цементита в объёме зерна, а не в виде сетки как при изотермическом процессе ХТО, в случае превышения предельной растворимости углерода в аустените.

В данной работе исследовалось влияние параметров ХТЦО на износостойкость и ударную вязкость стали 20Х. Интервал циклирования составлял 900 – 650 °С, число циклов составляло 5 и 9 с общим временем 4,5 и 8 часов. Изотермическая нитроцементация осуществлялась при 900 °С в течение 8 часов.

Испытания на износостойкость проводили на образцах, шлифованных на глубину 0,3 мм методом трения – скольжения со смазкой по схеме «ролик-колодка» на машине СМЦ-2. Испытываемый образец квадратного сечения 10x10 мм и длиной 30 мм закрепляли в специальном приспособлении, обеспечивающем самоустановку образца. На нижнем вращающемся валу испытательной машины закрепляли сопряженный образец – ролик диаметром 50 мм и шириной 12 мм. Смазку образцов проводили окунанием части ролика в ванну с индустриальным маслом, в которое добавляли 2 % абразива. Сопряженные ролики изготавливали из стали ХВГ, закаливали по общепринятым режимам и отпускали при температуре 170 °С. Для исключения влияния обезуглероженного слоя рабочая поверхность роликов была шлифована на глубину 0,2 – 0,3 мм. Твердость термообработанных роликов составила HRC 62-63.

Испытания проводили при нагрузке 400 Н и угловой скорости ролика 8,33 рад/с. Продолжительность одного опыта, в зависимости от интенсивности изнашивания, изменяли от 0,5 до 20 часов. Линейный износ плоских образцов определяли измерением ширины изношенной лунки на микроскопе МБС-9. По результатам испытаний определяли: среднюю ширину изношенной лунки за опыт,  $b_{cp}$ ; среднее удельное давление в зоне контакта,  $P_{cp}$ ; глубину изношенной лунки,  $h$ ; толщину изношенного слоя за опыт,  $\Delta h$ ; путь трения за опыт,  $\Delta s$ ; линейную интенсивность изнашивания  $J = \Delta h / \Delta s$ . Величина пути трения



определялась, как  $\Delta s = \pi D \omega t$ , где  $D$  – диаметр подвижного ролика,  $t$  – время испытаний.

Проведёнными исследованиями установлено, что наибольший износ наблюдается на образцах, обработанных по изотермическому процессу. Меньше всего изнашиваются образцы, прошедшие 0 циклов ХТЦО. На всех кривых наблюдается существенное изменение темпа износа со временем испытания, что объясняется изменением структуры изнашиваемых участков (рисунок 1).

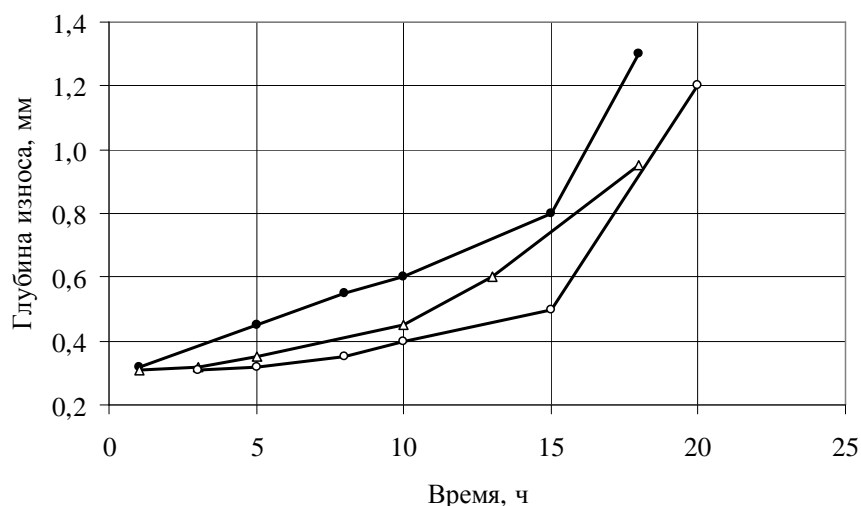


Рис. 1. Зависимость глубины изношенного слоя от времени

а) Диффузионный слой прошлифован на глубину 0,2 мм

б) Диффузионный слой прошлифован на глубину 0,3 мм

○ – девять циклов; Δ – пять циклов; ● – изотермическая нитроцементация

Испытания образцов на ударную вязкость показали, что применение ХТЦО повышает ударную вязкость до  $31 \text{ Дж/см}^2$ , тогда как ударная вязкость после изотермической нитроцементации составляет  $22 \text{ Дж/см}^2$ .

Таким образом, ХТЦО увеличивает массоперенос углерода из газовой фазы в сталь, измельчает зерно аустенита (после девяти циклов размер зерна не превышает  $2,7 \text{ мкм}$ ), повышает износостойкость за счёт неравновесного состояния аустенита, повышает ударную вязкость.

## ОСОБЕННОСТИ ШЛИФОВАНИЯ СТАЛИ ШХ 15 И 12Х18Н10Т ВЫСОКОСТРУКТУРНЫМИ КРУГАМИ

Белухин Р. А.

Шлифование является неотъемлемой частью каждого технологического процесса. Этот вид обработки позволяет достигать высокого качества поверхностей. Поэтому совершенствование или повышение эффективности шлифования – это на сегодняшний день актуальная задача в машиностроении. В связи с чем, целью данной работы является исследование показателей процесса плоского шлифования сталей с применением нового высокоструктурного

инструмента. Для достижения поставленной цели проведены испытания трех кругов различных характеристик 25AF90K7V – (K7), 25AF90L7V – (L7), 25AF90K10V – (K10), отличающихся твердостью и номером структуры на сталях ШХ15 и 12Х18Н10Т.

В процессе испытания фиксировали  $P_z$  – тангенциальную и  $P_y$  – нормальную составляющие силы шлифования. После окончания измеряли износ  $\Delta R$  шлифовального круга и шероховатость обработанной поверхности  $R_a$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$  и  $S$ .

На глубине 10 мкм при шлифовании стали ШХ15 круги разных твердостей изнашиваются на одинаковую величину. С увеличением глубины шлифования разница в износе кругов одинаковой твердости увеличивается на 21 и 63 %. Более мягкий круг изнашивается в большей степени. На глубинах 10 и 15 мкм  $P_z$  для круга K7 имеет наибольшее значение, а  $P_y$  наименьше. При переходе на глубину 20 мкм составляющие силы шлифования для кругов K7 и L7 меняются местами. Высокоструктурный круг на глубинах 10 и 15 мкм изнашивается больше, чем круги нормальных структур. При этом  $P_z$  имеет наименьшие, а  $P_y$  – наибольшие значения. На большой глубине – 20 мкм по значению износа и  $P_z$  круг K10 занимает промежуточное положение между кругами K7 и L7, а по  $P_y$  на 12 % ниже круга K7. Высотные параметры шероховатости, полученные после шлифования кругом K10 на глубине 10 мкм, ниже на 15 – 20 %, чем при шлифовании кругами нормальных структур. На 15 мкм нет особого различия между всеми кругами, а на 20 мкм K10 дает наибольшие значения.

При шлифовании нержавеющей стали на глубине 10 мкм высокоструктурный круг изнашивается на 30 % больше, чем L7. С увеличением глубины шлифования в 1,5 раза K10 изнашивается более чем в 2 раза. Закономерность изменения параметров шероховатости схожа с кругом K7, а составляющих силы шлифования с L7. Сила  $P_z$  для K10 на всех глубинах меньше чем у круга L7.

Сила  $P_y$  на маленькой глубине у круга K10 выше остальных, при увеличении глубины шлифования в 1,5 раза  $P_y$  такая же, как и у L7, а на 20 мкм имеет минимальное значение в сравнении с остальными кругами. Параметры шероховатости  $R_a$  и  $S_m$  для круга K10 и K7 одинаковы на всех глубинах. На глубине 10 мкм параметр  $R_{max}$  для K10 имеет минимальное значение, на 15 мкм занимает промежуточное положение, а на 20 мкм больше всех. Параметр  $S$  для высокоструктурного круга минимален на всех глубинах шлифования.

На маленькой глубине шлифования круг K10 по параметрам износа шероховатости и составляющей силы  $P_z$  не отличается от круга той же твердости, но меньшей структуры. А сила  $P_y$  имеет максимальное значение. На глубинах 15 и 20 мкм составляющие силы шлифования занимают промежуточное положение, так же как и параметр шероховатости  $R_{max}$ , а параметр  $S_m$  не отличается от круга L7, и  $S$  от K7. Среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  на глубине 15 мкм не отличается от круга L7, а на 20 мкм больше L7 на 10 %. Износ круга на глубине 15 мкм не отличается от L7, а на 20 мкм минимальный в сравнении со всеми кругами.

В общем, износ кругов при шлифовании нержавеющей стали, увеличивается в 3 – 5 раз. Составляющих силы шлифования и шероховатости поверхности в 2 – 3 раза.

При шлифовании стали ШХ15:

- на глубинах 10 и 15 мкм высокоструктурный круг имеет минимальное значение силы  $P_z$ , а  $P_y$  на глубине 20 мкм;

- параметр  $S$  имеет меньшие значения для круга  $K10$  на всех глубинах шлифования, а остальные параметры на 10 и 15 мкм мало или незначимо отличаются от кругов  $K7$  и  $L7$ .

При шлифовании стали 12Х18Н10Т:

- высокоструктурный инструмент по параметрам шероховатости  $R_a$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$  и износу круга не отличается от  $L7$  и имеет минимальное значение на средней глубине шлифования;

- на глубине 20 мкм круг  $K10$  изнашивается в меньшей степени, и по параметру  $S_m$  не отличается от  $L7$  имеющего минимальное значение.

Следовательно, в зависимости от требуемых результатов и условий шлифования высокоструктурный инструмент возможно применять на любых глубинах при обработке стали ШХ15 и на средних и больших глубинах при обработке стали 12Х18Н10Т.

## ОСОБЕННОСТИ САПР ТП В ПОДШИПНИКОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Соломоненко С.А.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) начали внедряться в конце 50-х гг. для технических расчетов, в 60-х гг. – для проектно-конструкторских работ (ЭВМ использовалась в режиме пакетной обработки данных). Так, разработанные САПР технологических процессов (САПР ТП) позволяют проектировать на ЭВМ технологические процессы, выдавая всю необходимую технологическую информацию. Человек участвует только в кодировании исходных данных.

На предприятиях с массовым и крупносерийным производством, к которым относятся и подшипниковые заводы «ЕПК», повышаются требования к качеству проектного решения. Даже незначительное уменьшение, например, расхода металла или трудозатрат в одном технологическом процессе дает большой экономический эффект при изготовлении сотен тысяч и миллионов деталей.

Традиционно продукты САПР ТП для машиностроения разделены на три класса: тяжелый, средний и легкий.

Компании UGS PLM Solutions (EDS), Dassault Systemes/IBM и PTC – лидеры в области САПР, а их продукты занимают положение олигархов: на них приходится львиная доля объема рынка в денежном выражении. Главная особенность «тяжеловесов» состоит в том, что их обширные функциональные

возможности, высокая производительность и стабильность достигнуты в результате длительного развития.

Подшипниковое производство хоть и относится к массовому типу, однако САПР ТП «тяжелого уровня» применять не очень выгодно, т.к. детали подшипников имеет простую форму и легко подвергаются типизации.

САПР среднего класса появились относительно недавно – в середине 90-х годов. Лидерами этого сегмента являются системы SolidEdge (разработанная фирмой Intergraph, а теперь принадлежащая UGS PLM Solutions (EDS)), SolidWorks одноименной компании (в настоящее время – подразделение Dassault Systemes), а также Inventor и Mechanical Desktop корпорации Autodesk. В результате по функциональным возможностям средний класс постепенно догоняет своих более дорогостоящих конкурентов. Однако подшипниковому производству не требуется такое разнообразие функций.

Для оптимального проектирования технологических процессов производства подшипников выгодно создавать модули, использующие современные САПР ТП ("ТехноПро", "Вертикаль", "SolidWorks", " SolidEdge"), для проектирования типовых технологических процессов деталей типа «подшипник». На базе САПР ТП "ТехноПро" разработан модуль «Podshipnic Tok».

Созданный модуль для автоматического проектирования токарной обработки наружных колец конических роликовых подшипников, адаптированный для массового производства, позволяет легко и быстро проектировать технологию токарной обработки наружных колец подшипника, а также снизить затраты на проектирование и сократить время проектирования технологических процессов, так как впоследствии проектирование будет происходить на основе типовых технологических решений.

После формирования технологического процесса, с помощью введенного нами модуля мы видим целый ряд по сравнению с модулем «Тела вращения». Соблюдены условия выбора оборудования, режущего инструмента, технологической оснастки. Создав данный модуль мы добились того, чтобы система САПР ТП формировала технологический процесс максимально приближенный к заводскому. Использовать данный модуль можно для проектирования ТП множества наружных колец конических роликовых подшипников. Таким образом, создание и дальнейшее использование модуля «обучает» систему и впоследствии значительно уменьшает время на формирование технологических процессов ряда подобных деталей.

Современные тенденции развития рынка САПР показывают, что будущее лежит за применением недорогих систем среднего уровня, которые способны комплексно решать задачи, поставленные перед производством. Разработанный модуль способен выполнить весь спектр задач, связанных с запуском нового изделия в производство и внесением изменений в уже выпускаемое изделие. При этом значительно сокращаются сроки технологической подготовки его производства.

## **АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЁТА ШТАМПОВАННЫХ ЗАГОТОВОК КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ С ПОМОЩЬЮ САПР**

Соломоненко С.А., Кравцов В.А.

Одним из основных направлений развития технологии машиностроения является расширение областей применения автоматизации производства. Применение автоматических линий значительно повышает производительность труда и существенно снижает себестоимость изготовления деталей.

Кольца подшипников получают из штампованных поковок, получаемых методом горячей объемной штамповки. Самым производительным способом получения штампованных заготовок колец подшипников является штамповка на горячештамповочных автоматах (автоматических линиях).

В сложившихся экономических условиях, для наиболее полного удовлетворения спроса, предприятия вынуждены расширять номенклатуру производимой продукции. У ОАО «ВПЗ-15» г. Волжский имеется опыт создания многономенклатурных линий (модели Л-309 и Л-324), на которых обрабатываются детали нескольких наименований. Налажено производство, как одиночных заготовок колец подшипников, так и парных заготовок – так называемых «башенных» поковок.

На предприятии заготовки колец изготавливаются в четыре стадии. Но перед внедрением нового типа подшипника нужно произвести сложный расчёт заготовки для штамповки на всех четырёх переходах штамповки. В настоящее время этот расчёт производится в ручную, и чертежи заготовок выполняются отдельно от расчетов, что существенно ограничивает оперативность расширения номенклатуры подшипников. Поэтому остро стоит необходимость автоматизации расчёта с помощью САПР.

Благодаря автоматизированному способу расчёта существенно уменьшается время ввода новых типов подшипников в производство. Что необходимо заводу в сложившейся экономической ситуации, так как обеспечивается снижение себестоимости готовых изделий - подшипников. Так же более широкая номенклатура изделий позволит предприятию быстрее адаптироваться под изменение рынка сбыта.

С помощью разработанного программного комплекса «Raschet perchodov СС» можно получить не только расчётные размеры заготовок подшипника, но и сразу получить готовый чертёж в системе автоматизированного проектирования и черчения, разработанной компанией Autodesk – AutoCAD. Она является наиболее распространённой в мире, что облегчит интеграцию в производство.

Производство парных штампованных заготовок колец подшипников на автоматических линиях, обладает в настоящее время рядом преимуществ перед другими способами производства. Автоматизация расчета переходов изготовления заготовок подшипника на таких линиях позволяет существенно расширить номенклатуру деталей производства и упростить работу технологов.

# РАЗРАБОТКА И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШЛИФОВАЛЬНЫХ ЗЕРЕН

Макушкин И.А., Носенко В.А.

Автоматизация процесса определения геометрических параметров шлифовального зерна по фотографии позволит ускорить процесс определения геометрических параметров зерен и определения характеристик партии зерен.

На рисунке представлена программная архитектура программного комплекса по определению геометрических параметров шлифовальных зерен в виде диаграммы классов.

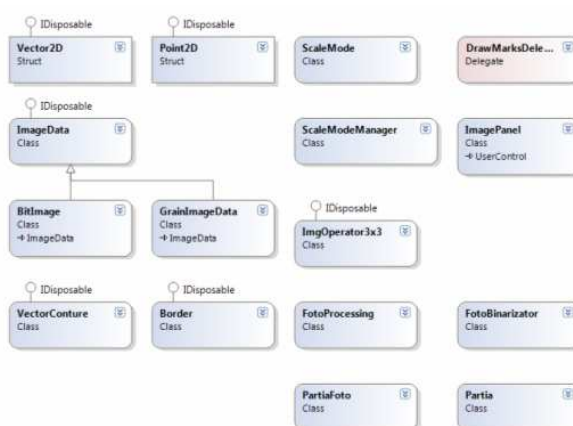


Рис. 1. Диаграмма классов разработанного программного средства

Класс `Vector2D` и `Point2D` используются для описания примитива вектор (с вещественными и целочисленными координатами) и реализуют набор методов, необходимых для выполнения базовых операций над ними.

Класс `ImageData` реализует тип для хранения и выполнения базовых операций над растром. Класс `BitImage` разработан для загрузки данных из файла в растровое представление `ImageData`, а также используется для визуализации растра на экранных формах приложения. Класс `GrainImage` описывает растр выделенного из фотографии изображения единичного зерна. На основании этих данных происходит выделение векторного контура зерна.

Класс `VectorConture` содержит описание векторов, из которых составлен контур.

Класс `Border` содержит информацию о параметрах зерна, выделенных при анализе векторного контура.

Классы `ScaleMode` и `ScaleModeManager` реализуют набор методов для определения текущего режима съемки, необходимого для правильного перехода от представления величин в пикселях к реальным физическим величинам.

Класс FotoBinarizator отвечает за разделение на изображения фона и зерна. Класс FotoProcessing отвечает за выделение на фотографии областей с отдельными зёрнами и построения списка GrainImage для дальнейшего контурного анализа.

Класс Partia отвечает за хранение, организацию процесса обработки данных, сохранения и загрузки данных партии на диск.

Интерфейс разработанного приложения при работе с партией зерна показан на рисунке 2.

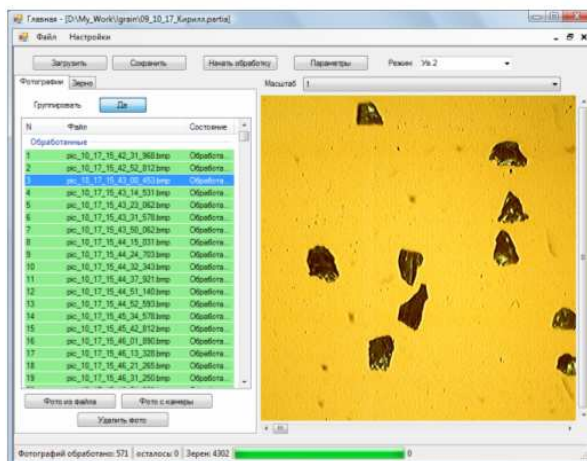


Рис. 2. Интерфейс приложения при работе с фотографиями партии

Пользователь имеет возможность добавлять в партию фотографии из ранее созданных файлов или осуществлять захват изображений с устройств, поддерживающих технологию DirectShow. Для запуска процесса обработки необходимо осуществить настройку параметров процесса разделения фона и зерна (кнопка «Параметры»), установить масштаб, выбрав соответствующий режим и нажать кнопку «Начать обработку».

После завершения обработки пользователь переходит на вкладку «Зерно», интерфейс которой показан на рисунке 3.

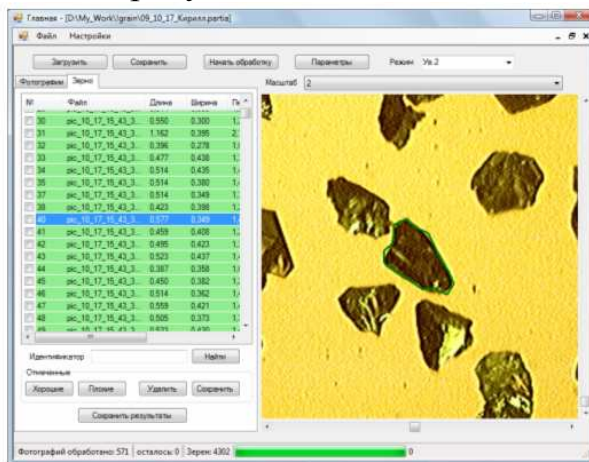


Рис. 3. Интерфейс приложения при работе с зёрнами партии

При выборе соответствующего зерна в партии его изображение окаймляется найденным для него контуром. Список зерен содержит также найденные данные о геометрических параметрах зерна.

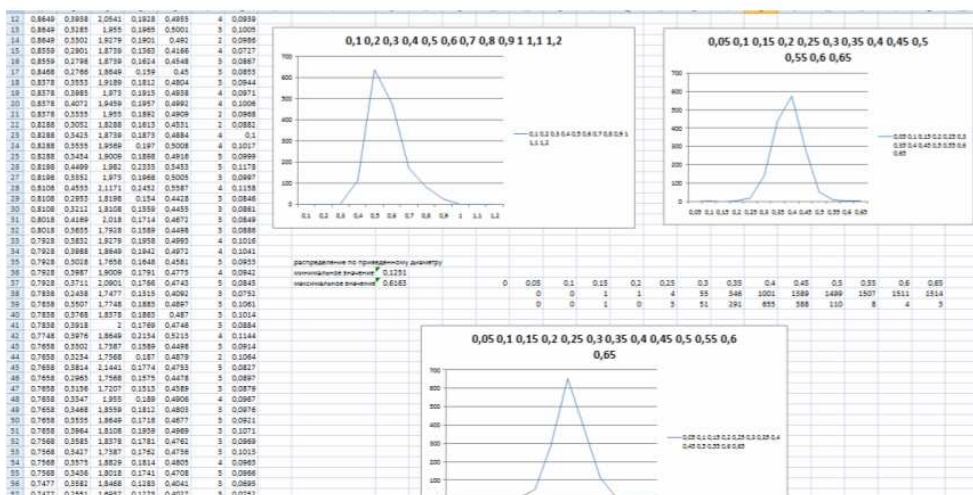


Рис. 4. Пример обработки данных

Пользователь имеет возможность просмотреть все выделенные зерна, отметить зерна, определенные с ошибкой как плохие, и сохранить результаты в файл формата csv для дальнейшего анализа в табличных процессорах, например, в Microsoft Excel. На рисунке 4 представлен пример проведенного анализа полученных результатов.

Для оценки достоверности получаемых результатов были проведена следующая проверка: определение параметров зерна ( $f_{60}$ , фракция -180) при использовании разных аппаратных средств получения изображения (специализированные вебкамеры с размером матрицы 1.3 и 5 мегапикселей) и разных установленных режимах увеличения микроскопа.

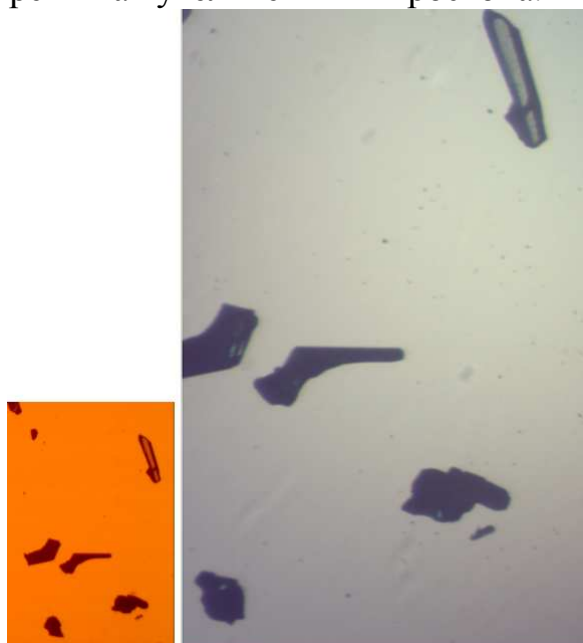


Рис. 5. Фотографии, полученные на разной аппаратуре (масштаб равный)

После обмера зерна в 3х режимах были вычислены разности параметров для одних и тех же зерен. Диаграммы распределения ошибки определения длины представлены на рисунке 6.



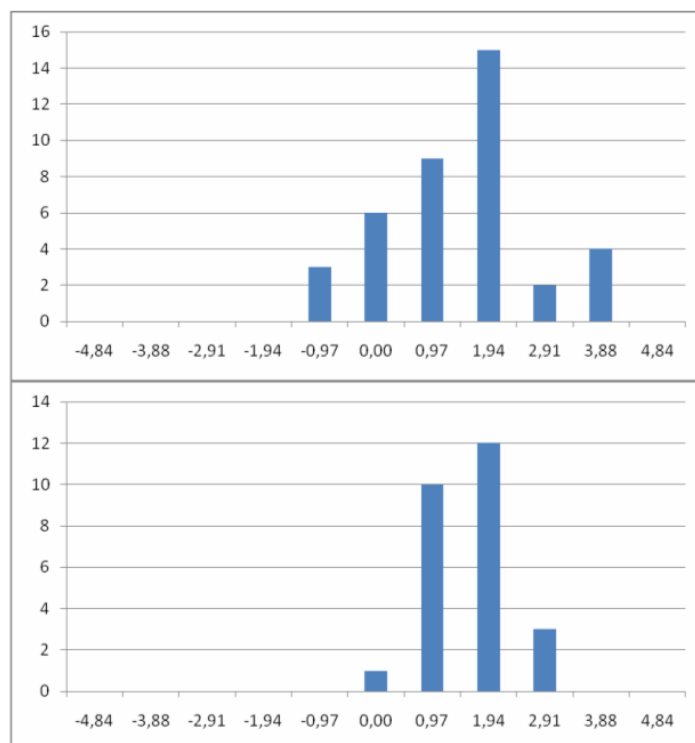


Рис. 6. Диаграммы распределения ошибки определения длины (ось  $x$  – погрешность в процентах, ось  $y$  – количество зерен, для которых разница параметров лежит в указанном диапазоне)

При анализе диаграмм видно, что ошибка определения параметров не превышает 4 % при использовании разных режимов.

#### Литература:

1. Макушкин, И.А. Основные проблемы определения параметров микропорошков оптическими методами / И.А. Макушкин, В.А. Носенко // Инновационные технологии в обучении и производстве: матер. V всерос. н.-пр. конф., Камышин, 4–6 дек. 2008 г. В 3 т. Т. 2 / КТИ (филиал) ВолгГТУ [и др.]. – Камышин, 2008. – С. 47–51.
2. Воронцов, А.Н. Анализ и разработка методов для выделения областей с абразивными зёрнами на серии фотографических снимков / А.Н. Воронцов, И.А. Макушкин // Научный потенциал студенчества в XXI веке : матер. III междунар. науч. студенческой конф. Т. 1 : Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки / ГОУ ВПО "Северо-Кавказ. гос. техн. ун-т" [и др.]. – Ставрополь, 2009. – С. 51–52.

# ПОВЫШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОБУСА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ САЛОНА

Кулько А. П.

В соответствии с «Нормами расхода топлив и смазочных материалов», введенных распоряжением Минтранса N АМ-23-р от 14 марта 2008 г., на обогрев салонов автобусов независимыми отопителями топливо выделяется из расчета расхода на 1 час работы автобуса на линии. Существующие независимые отопители автомобиля имеют двухпозиционное устройство регулирования расхода топлива с жесткой обратной связью по температуре охлаждающей жидкости на входе в отопитель. Включаются при температуре охлаждающей жидкости  $73\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выключаются при температуре жидкости  $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Исследования, проведенные на кафедре «Автомобильный транспорт» ВПИ, теплового режима салонов автобусов марки «Волжанин» в холодное время года показывают, что при работе системы отопления автобусов при установившемся температурном режиме, наблюдается перегрев воздуха в салоне на  $5\text{...}7\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше комфортной температуры  $18\text{...}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . А в случае интенсивного воздействия потока солнечной радиации при движении автобуса на маршруте через прозрачные ограждения на внутреннюю обшивку салона температура воздуха поднимается до  $37\text{...}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Температурный режим в салоне междугороднего автобуса "Волжанин-5285".  
Рейс Волжский - Москва. 17.02.2007 г.

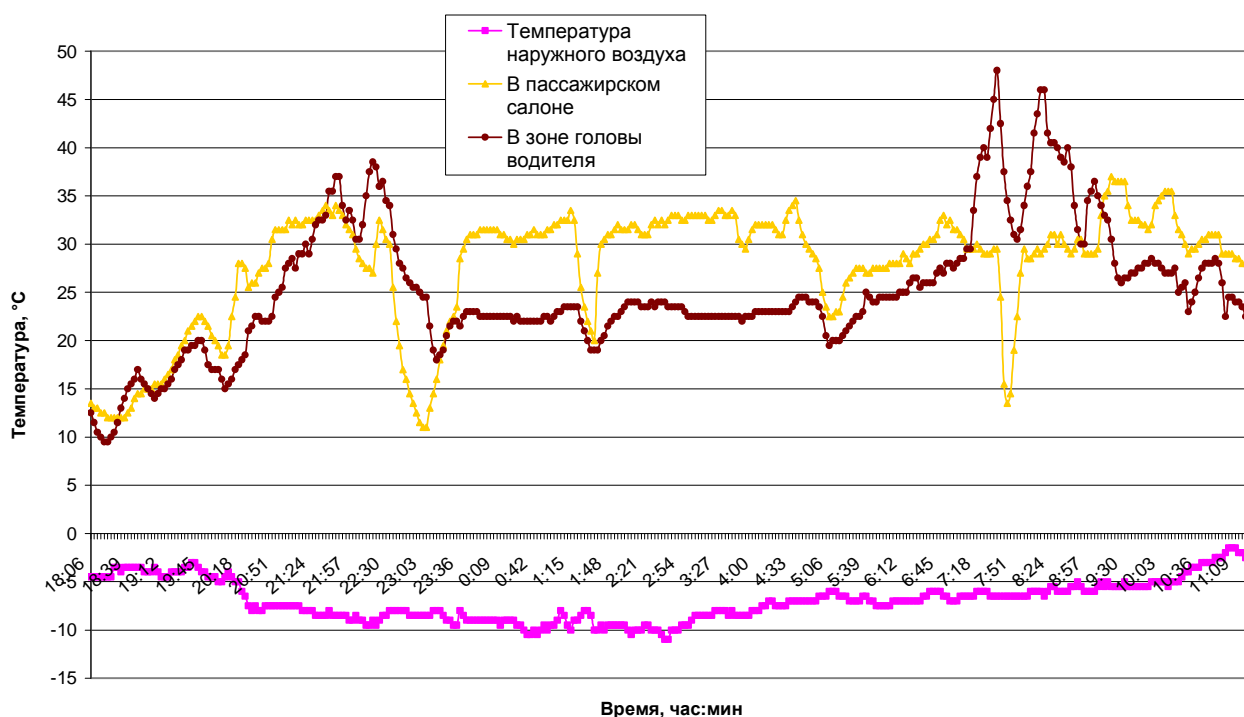


Рис.1. Температурный режим в салоне междугороднего автобуса «Волжанин-5285»

Избыточное количество тепла, вырабатываемое радиаторами отопителей, означает повышенный расход топлива, сжигаемого в автономных дизельных

подогревателях жидкости (ПЖД). Причиной перерасхода топлива в ПЖД является отсутствие регулировки теплопроизводительности отопителей, в зависимости от температуры воздуха в салоне.

Предлагается следящая система автоматизированного управления отоплением, компенсирующая колебания температуры воздуха в салоне автобуса с помощью соответствующего изменения подачи теплоносителя в радиаторы отопителей (рис. 2). Система включает датчики температуры ТЕ1-1, ТЕ2-1; информационные преобразователи с устройством сравнения ТТУ1-1, ТТУ2-1; задающее устройство TZ2-3; устройства управления S1-3, S2-4, S2-8; исполнительные механизмы М1-4, М2-5, М2-9; регулирующие органы В1-5, В2-7, В2-10.

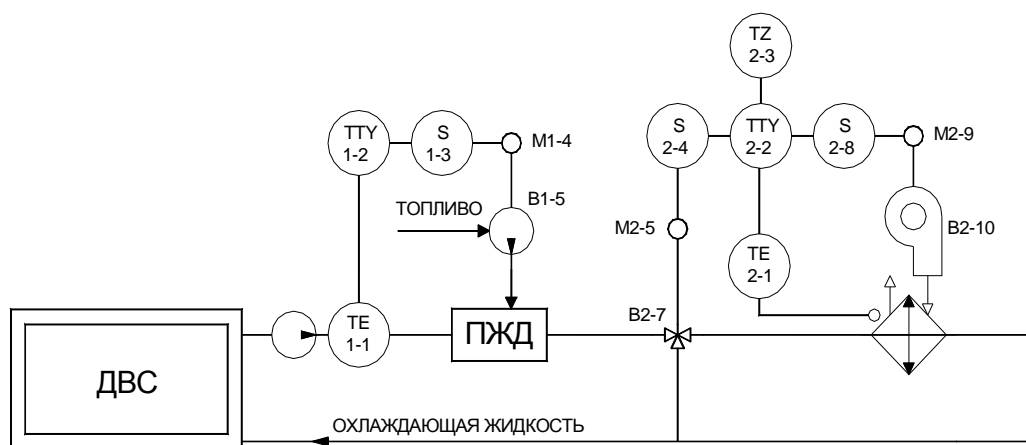


Рис. 2. Функциональная схема автоматизированной системы отопления салона автобуса

Годовой эффект от экономии топлива, при управлении отоплением в салоне городского автобуса с 15 ноября по 15 марта при средней наружной температуре  $T_n = -14$  °С, составит:

$$\begin{aligned} \Delta z &= \text{Драб.отоп} \cdot g_e \cdot t_{\text{сут}} \cdot \text{Цдт} \cdot \{ (UA \cdot (T_{\text{факт}} - T_n) - UA \cdot (T_{\text{вн.у}} - T_n)) \} / 1000 = \\ &= 114 \cdot 0,12 \cdot 12 \cdot 20 \times \{ (572 \cdot (25 - (-14)) - 572 \cdot (19 - (-14))) \} / 1000 \approx 13000 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

где *Драб.отоп* – число рабочих дней в году, когда в автобусе включается система отопления (за вычетом простоев при ТО-1, ТО-2); *g<sub>e</sub>* – удельный расход топлива в автономном подогревателе, л/(час·кВт); *t<sub>сут</sub>* – время работы автобуса в течение суток, час.; *Цдт* – оптовая цена дизельного топлива, руб./литр; *T<sub>факт</sub>* – фактическая температура воздуха в салоне автобуса, °С; *UA* – коэффициент тепловых потерь через ограждения пассажирского салона; *T<sub>n</sub>* – наружная температура; *T<sub>вн.у</sub>* – желаемый уровень комфортной температуры.

Стоимость системы управления отоплением для городского низкопольного 15 – метрового автобуса составит 38000 руб. Зарубежные аналоги, например система автоматического температурного контроля немецкой фирмы Wabco, стоят не менее 120.000 руб.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ НА ТРУБУ

Ряснов В.Б., Шаповалов В.М.

Изучается технологический процесс нанесения полимерного покрытия (расплав полиэтилена) на стальную трубу. Выясняется связь условий термообработки на возникающие в полимерном покрытии температурные напряжения. Для решения поставленной задачи предварительно найдено температурное поле в полимерном покрытии в процессе охлаждения.

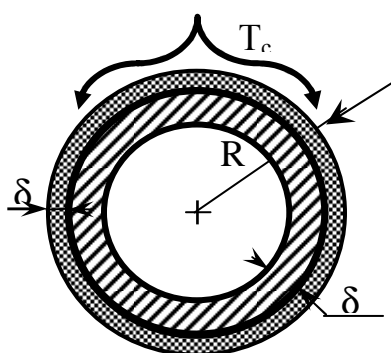


Рис. 1. Схема охлаждения трубы.

Схема поперечного сечения трубы с покрытием представлена на рис. 1. Радиус поверхности металлической трубы  $R$ . Толщина покрытия  $\delta$ , стенки трубы -  $k\delta$ .

С целью проверки соответствия теоретических расчетов экспериментальным данным, создана модельная экспериментальная установка. Для проведения экспериментов была сконструирована и изготовлена измерительная ячейка. Её нижняя часть представляет металлическую чашечку толщиной как стенка трубы (18мм), покрытая специальной термостойкой пеной, выполняющую роль теплоизоляции. Исследуемый полимер в виде дисков, изготовленных из пленки требуемой толщины (3 мм), укладывался в измерительную ячейку. Замеры температуры нижней наружной металлической поверхности осуществлялись через трубку бесконтактным методом (пирометром). Схема ячейки показана на рисунке 2. С целью уменьшения влияния краевых эффектов диаметр измерительной ячейки выполнен значительно превышающим толщину исследуемого образца (диаметр ячейки 100 мм, толщина пленки 3-4 мм).

Схема установки для исследования теплообмена представлена на рисунке 3.

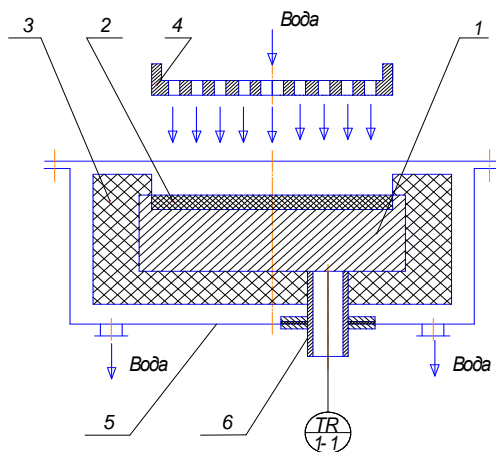


Рис. 2. Схема экспериментальной установки:

1 – металлическая основа, 2 – полимерная плёнка, 3 – теплоизоляция, 4 – лоток, 5 – ёмкость, 6 – трубка, 1-1 - пирометр.

Результаты опыта представлены на рисунке 3.

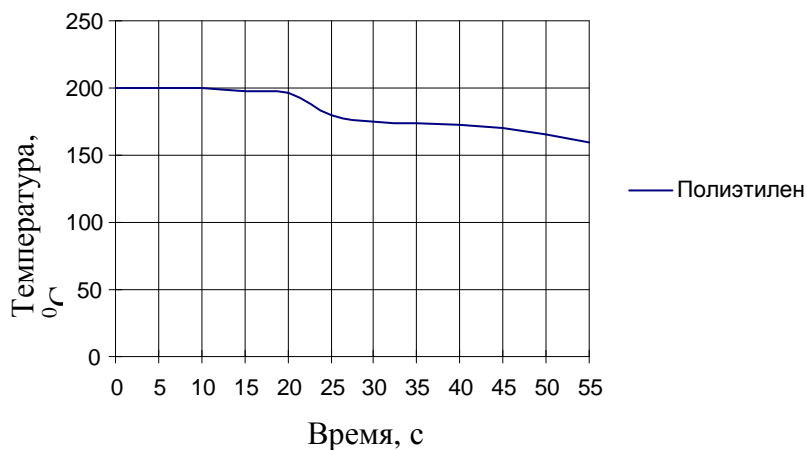


Рис. 3. Опытное распределение температуры в покрытии и стенке трубы в зависимости от времени

В стальной стенке трубы распределение температуры достаточно однородно. Очевидно, что наиболее существенное изменение температуры имеет место в полимерном покрытии, и это обусловлено его низкой теплопроводностью.

Литература:

1. Шаповалов В.М. Механика элонгационного течения полимеров. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.-176с.
2. Тепло - и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник/Под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. - М.: Энергоиздат, 1982.-512 с.
3. Справочник химика. Т.5. –М.: Химия, 1968.-976с.

## РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ

Островская Т.В., Девкин А.В., Тишин О.А.

Развитие сложных технических систем, таких как реактор, для проведения жидкофазных процессов, происходило под влиянием изменения представлений о процессах, протекающих в нём.

Изначально появился котел, в котором перемешивали содержимое. С точки зрения современного представления о таком оборудовании, в нем реализовывалось большинство технологических процессов, присущих современным аппаратам: тепловые – нагревание котла на костре, гидродинамические – перемешивание содержимого ковшом или иным приспособлением и массообменные – добавление различных ингредиентов.

Древние специалисты химического искусства: красильщики, мыловары – были «химиками – технологами». Нередко различное оборудование и приспособления, применяемые в этих операциях, передавались из поколения в поколение без каких бы то ни было изменений.

Многочисленные рецепты изготовления мазей, лекарств, красок, изложенные в папирусах, показывают высокий уровень развития ремесленной химии и фармации уже в середине II тысячелетия до н. э. Широкое распространение в древности получили рецепты обработки и окраски кож и мехов. В V тысячелетии до н. э. была хорошо развита практическая технология дубления, крашения, изготовления моющих средств. Всё это не могло не отразиться на аппаратурном оформлении этих технологических операций.

В древние времена реактор для жидкофазных процессов представлял собой деревянную и каменную емкость, в которой вручную перемешивались необходимые ингредиенты.

К концу XVI в. на производстве в больших промышленных объёмах используется громоздкое оборудование. Схема перемешивания в средние века представляла собой емкость, в которой перемешивание осуществлялось с использованием энергии ветра и воды. Здесь мы видим начало применения механизации.

С развитием химической промышленности, в начале XIX вв. происходило совершенствование аппаратуры, изменялась конструкция аппарата, происходило качественное изменение материалов, используемых для изготовления емкостной аппаратуры. Аппараты изготавливались из углеродистой и кислотостойкой стали, чугуна, цветных металлов и пластических масс. Оборудование имеет большие габариты и сложность в управлении.

Успехи в области машиностроения, освоившим производство разнообразных сплавов (обладающих химической стойкостью и высокой механической прочностью, устойчивых к износу, к действию высоких температур), а также все расширяющееся применение конструкционных материалов позволило значительно усовершенствовать оборудование,

используемое в химической промышленности. В 1895 году достижения в области сварки обусловили переход к цельносварной аппаратуре, появилась возможность применения более широкого ассортимента конструкционных материалов и изготовления оборудования из отдельных элементов. Электрическая сварка почти полностью вытеснила клепанную – более громоздкую, тяжелую и дорогую.

С открытием электричества происходит изобретение электродвигателей, так называемых индивидуальных приводов, которые приходят на смену механическим (тепловым) двигателям, что в последствие привело к уменьшению габаритов оборудования. Бурно развивается механика в области создания передающих движение устройств – редукторов.

Изобретение электрического привода повлияло на развитие технологии уплотнения. Создаются уплотнения, такие как сальниковые, торцевые, позволяющие обеспечить герметизацию привода.

В конце XIX вв. реактор для жидкофазных процессов уже представлял собой конструкцию, состоящую из емкости для перемешивания, мешалки, передаточного устройства, электродвигателя. Данная конструкция монтировалась при помощи резьбовых соединений и электродуговой сварки.

В связи со значительным увеличением масштабов производства химической продукции большее внимание стали уделять разработке непрерывных процессов. После чего химическая промышленность стала одной из ведущих отраслей хозяйства, охватывающей многочисленные производства разнообразных неорганических и органических продуктов, имеющих жизненно важное значение.

В настоящее время на основании конструктивных, прочностных и теоретических расчетов и опытов можно правильно сконструировать и построить аппараты промышленного типа. Однако еще остается большое количество неизученных и недостаточно исследованных вопросов. Несмотря на множество проведенных исследований и написанных работ, как в России, так и в других развитых странах проблема влияния перемешивания на проведение сложной химической реакции остаётся мало изученной.

Таким образом, развитие оборудования жидкофазного реактора даёт толчок к развитию его аппаратурного оформления и всей химической промышленности в целом.