

## СЕКЦИЯ 4

### «МЕХАНИКА, МАШИНЫ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ»

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПИНОЛЬНЫХ РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ

В.А. Санинский, С.В. Бурлаков

Статистический анализ точности растачивания пинольными станками коренных опор  $\varnothing 165$  Н6 100 картеров дизеля 6ДМ 21А и коренных опор  $\varnothing 160$  Н7 140 блоках цилиндров дизеля 6ЧН 21/21 позволил сделать выводы:

1) Конструкция пинольных станков стабильно обеспечивают точность растачивания соосных отверстий 6-го квалитета;

2) Значения коэффициента  $\alpha_s$  и  $K_s$  указывают на то, что технологический процесс растачивания коренных опор 6-го квалитета на пинольных станках за 3 рабочих хода вместо традиционных 4-х с настройкой на размер по методу пробных проходов – чернового, получистового и чистового, точен и управляем. [1]

Выполнена оптимизация режимов резания на основе построении математических моделей по оценочной функции минимальной себестоимости

$$F = \frac{C}{n \cdot s}, \quad (1)$$

где  $C$  – коэффициент, не зависящий от режимов резания  $n$  и  $s$ ;

$n$  – число оборотов шпинделя;

$s$  – подача шпинделя.

Результаты моделирования с числом ограничителей, равном 8 определили оптимальные режимы резания для диаметров растачивания от 40 до

250 мм и сделать общий вывод: при растачивании полуотверстий с различными материалами оптимальными режимами резания находятся в пределах:  $0,09 \leq S_{\text{опт}} \leq 0,12$  (мм/об);  $102 \leq V_{\text{опт}} \leq 121$  мин<sup>-1</sup>. При растачивании ГПО Ø 210Н6 с числом ограничителей, равном 13,  $X_{1 \text{ опт}} = 5,08$ ;  $X_{2 \text{ опт}} = 2,5$ ,  $n_{\text{опт}} = 155$  мин<sup>-1</sup>.  $S = 0,11$  мм/об (рис.).

$$\begin{array}{l}
 x_2 \leq 3,29; \\
 x_2 \leq 5,58 \text{ (чугун)}, \\
 -0,15 \cdot x_1 + 0,75 \cdot x_2 \leq 2,97 \text{ (сталь)}, \\
 x_1 + 0,2 \cdot x_2 \leq 5,7 \text{ (чугун)}, \\
 x_1 + 0,2 \cdot x_2 \leq 4,97 \text{ (сталь)}, \\
 x_1 + 0,75 \cdot x_2 \leq 7,48 \text{ (чугун)}, \\
 0,85 \cdot x_1 + 0,75 \cdot x_2 \leq 0,19 \text{ (сталь)} \\
 x_2 \leq 7,89 \text{ (чугун)}, \\
 -0,15 \cdot x_1 + 0,75 \cdot x_2 \leq 4,7 \text{ (сталь)}, \\
 x_2 \geq 1,9, \\
 x_2 \leq 2,5, \\
 x_1 \geq 4,0, \\
 x_1 \leq 6,3.
 \end{array}$$

Решение системы неравенств производится графическим методом. В этом случае каждое ограничение представляется граничной прямой, которая определяет полуплоскость, где возможно существование решений системы неравенств. Граничные прямые, пересекаясь, образуют многоугольник решений, внутри которого любая точка удовлетворяет всем неравенствам. Числовые значения оптимизированного режима резания вычисляются по следующим зависимостям.

$$n_{\text{опт}} = e^{x_{1\text{опт}}} \quad (2)$$

$$S_{\text{опт}} = \frac{1}{100} e^{x_{2\text{опт}}} \quad (3)$$

Представление системы неравенств в совокупности с оценочной функцией дают две математические модели процесса резания [2].

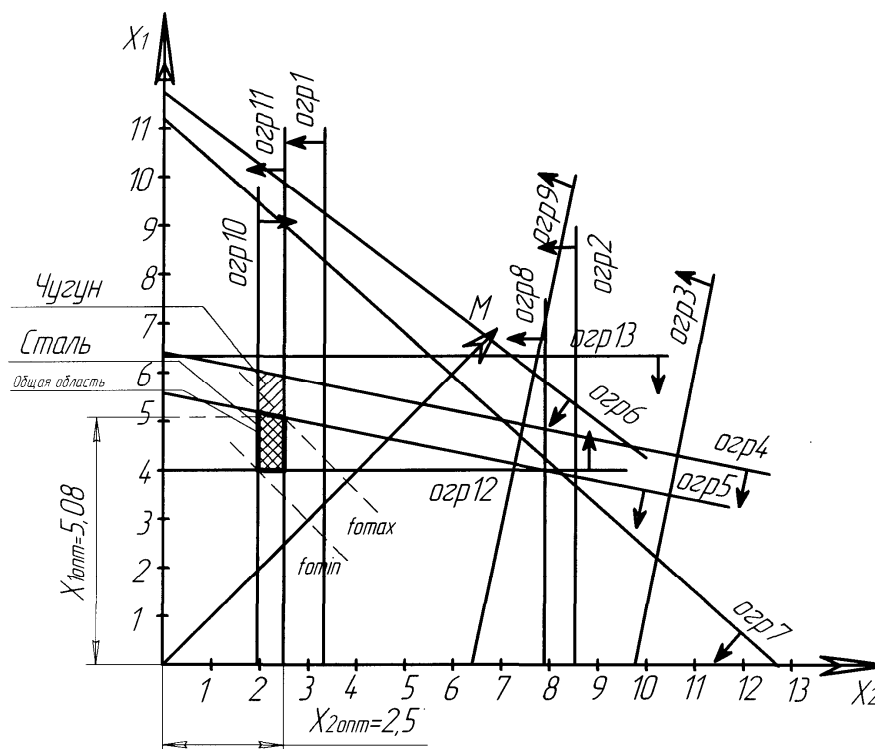


График оптимизации режимов резания при растачивании отверстия из разнородных материалов: картера из чугуна и крышки из стали

## Литература

- 1 **Тальянker, М. Я.** Тонкая расточка глубоких отверстий шпинделями с выносными опорами / М. Я. Тальянker // Станки и инструмент. – 1969. – № 5. – С. 27 – 28.
- 2 **Смольников, Н. Я.** Специальные станки для растачивания глубоких прерывистых отверстий шпинделями на выносных опорах: монография / Н. Я. Смольников, В. А. Санинский; ВолгГТУ. – Волгоград, 2004. – 151 – 152 с.

# РАСЧЕТ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

М.В. Даниленко, В.А. Носенко, Е.В. Федотов, С.В. Носенко

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

Микрорельеф шлифованной поверхности представляет собой совокупность единичных рисок – результат микрорезания материала вершинами абразивных зерен, расположенных на рабочей поверхности круга случайным образом. Форма единичных рисок будет определяться формой режущих вершин, особенностями контакта каждой вершины с поверхностью, имеющей микронеровности, и процессом пластической деформации металла абразивными зёрнами и связкой круга.

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.

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

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

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 удале-

нием (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 Сарат. ун-та, 1979. –232с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ  
СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ, СВЕРХТВЕРДЫХ  
АЛМАЗОПОДОБНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ УДАРНОМ  
НАГРУЖЕНИИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

С.А. Дудин

Динамический алмаз кристаллизуется в кубические сингонии. Важнейшие кристаллографические формы алмаза: плоскогранные – октаэдр, ромбододекаэдр, куб и различные их комбинации; кривогранные – додекаэдроида, октаэдроида и кубоиды. Разновидности динамического алмаза: баллас (шаровидной формы сферолиты радиально-лучистого строения), карбонадо (скрыто - и микрокристаллические агрегаты неправильной формы, плотные или шлакоподобные), борт (неправильной формы мелко- и крупнозернистые поликристаллические образования).

Ударно-волновой синтез алмазов основан на том, что при ударном сжатии детонацией взрывчатых веществ в материалах, на которые они воздействуют, развиваются давления и температуры, соответствующие области термодинамической стабильности сжимаемых веществ. Сжатие веществ ударными волнами приводит к возникновению высоких динамиче-

ских давлений и высоких температур, что позволяет получать вещества в виде фаз высокого давления, обладающих большой твёрдостью.

Ударно-волновой метод синтеза алмазов позволяет получать с одной стороны ультрадисперсные алмазы (УДА) с размером частиц от 40 до 200 А; с другой - алмазный порошок с размером частиц 0,1 - 5 мкм, а также до 40 и даже 100 мкм. Последующим взрывным прессованием с использованием других дополнительных технологических приёмов можно увеличить размер частиц до 200 - 500 и более мкм .

Для получения алмаза с размером частиц 0,05-5 мкм рекомендуется использовать в качестве углерода гексагональный графит, ромбоэдрический графит, коллоидный графит, пиролитический графит.

По данному варианту технологии более крупные алмазы получают при ударном прессовании баллистическим прессом смесей графита с порошковыми металлами и катализаторами. Катализаторы – это вещества, которые сами в кристаллизации не участвуют, но облегчают растворение и кристаллизацию углерода.

Катализаторами служат расплавленные металлы, такие, как хром, марганец, железо, кобальт, никель, платина, тантал и другие, а также карбиды металлов.

Эксперимент по ударному нагружению производится в следующей последовательности. Реакционная смесь расположенная коаксиально с СВС-материалом ( $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$ ) устанавливается в отверстие пресс-формы, которая располагается на основании и монтируется соосно со стволом прессы. Снаряжённый патрон устанавливается в ствол при разомкнутых контактах электрической цепи. Перед замыканием электрической цепи воспламеняется СВС-материал, создающий высокую температуру синтеза (2023 К). В последующем, контакты замыкаются, и происходит выстрел по пуансону пресс-формы.

Основные технические характеристики нагружающей системы:

1. вес порохового заряда - от 5,0 до 8,0 г.;

2. вес ударника - 150 г;

3. скорость соударения – 57-450 м/сек.

По данному варианту технологии более крупные алмазы получают при ударном прессовании баллистическим прессом смесей графита с порошковыми металлами и катализаторами.

Реакционная смесь, расположенная коаксиально с СВС-материалом ( $Fe_2O_3 + Al$ ), устанавливается в отверстие пресс-формы, которая располагается на основании и монтируется соосно со стволом порохового прес-са.

**$P=10$  ГПа,  $\tau=0,1$  сек.**

Более перспективна для практики методика получения алмазов, где для синтеза кубического алмаза использовались баллистические прессовки из смеси мелкодисперсного природного графита с металлическими катализаторами (медь, железо, никель) разогретыми СВС-материалами. Образцы нагружались путём метания стального ударника взрывом порохового заряда на исходный разогретый углеродный материал.

В установке для синтеза сверхтвёрдых веществ, плунжер имеет концентратор ударных напряжений в форме тела вращения по логарифмической кривой  $y=10\ln(x)$ , которая увеличивает ударное напряжение в 2 раза. После того, как плунжер 2 получает кинетическую энергию от ударной волны пороховым прессом, он, входя в направляющую втулку 1, сжимает исходный материал для синтеза 4, предварительно разогретый термитным материалом 3 до температуры  $T=3500$  К.



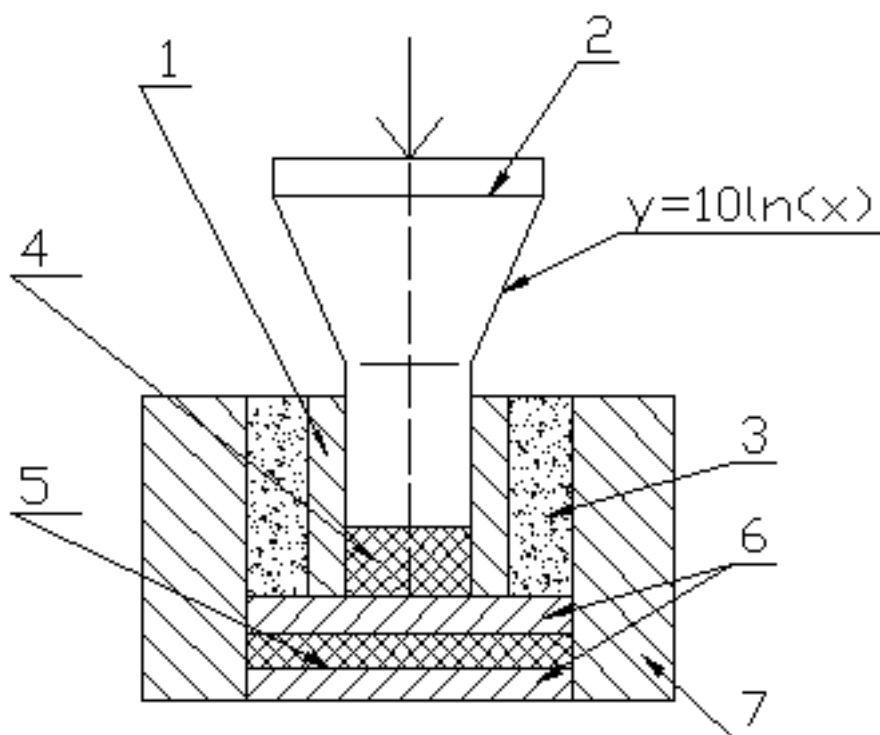


Рис.1. Устройство для синтеза СТМ:

1. - направляющая втулка; 2. - плунжер; 3. - термитный материал (СВС-материал); 4. - синтезируемый материал (СТМ); 5. - демпфер; 6. - пластины; 7. - корпус

*Характеристика образцов, параметры нагружения и выход алмазной фазы.*

Принципиальным условием получения плотных модификаций углерода – кубической (алмаз) и гексагональной (лонсдейлит) – в соответствии с диаграммой состояния является выбор оптимальных параметров сжатия: давления, длительности импульса и температуры разогрева содержащего исходного углеродного вещества (получаемой СВС-процессом).

. По указанной методике были получены порошки технических алмазов (фото.1).

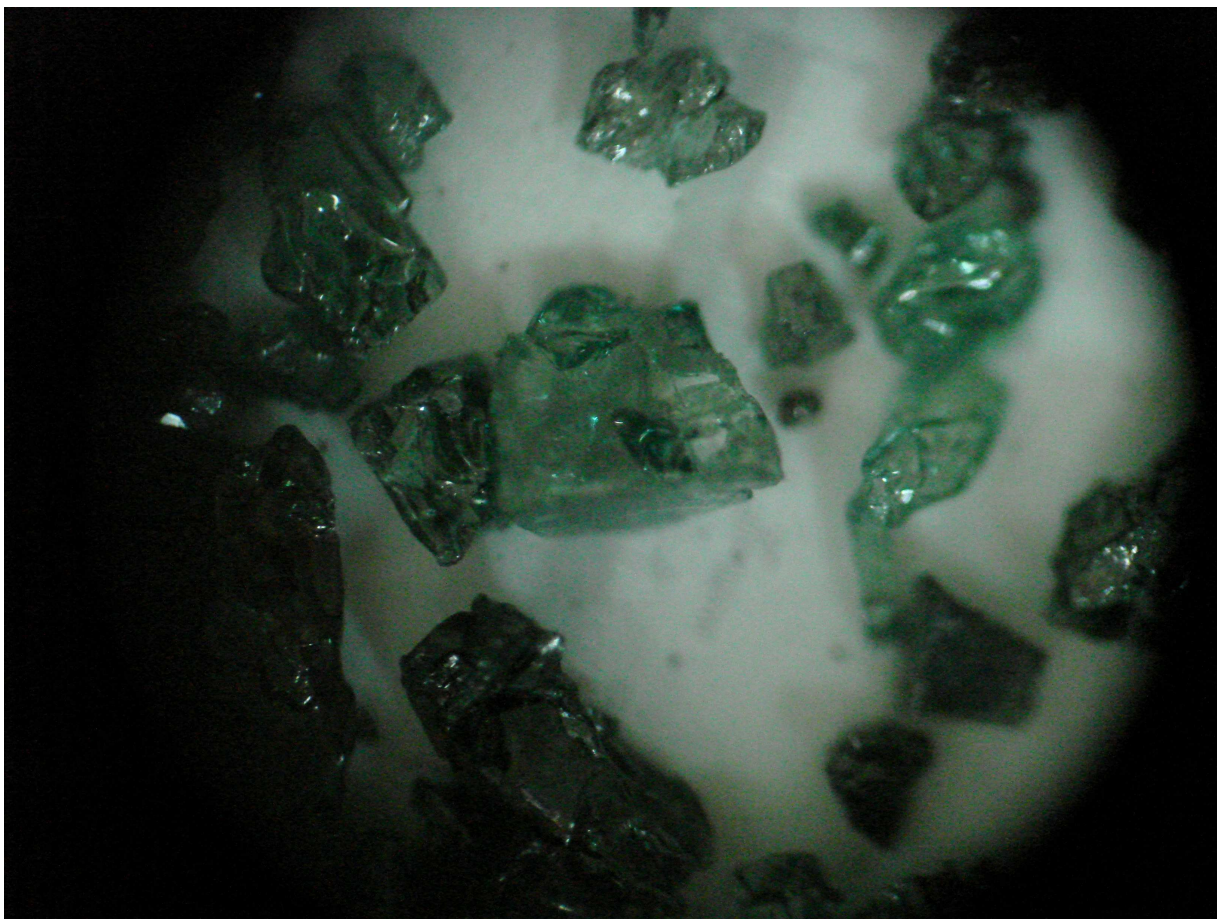


Фото 1. Очищенные динамические алмазы (X150)

Благодаря взрывным и баллистическим технологиям с СВЧ-нагревом получен большой перечень новых абразивных материалов с высокими характеристиками: твердостью и прочностью зерна, абразивной способностью. Из этих материалов изготовлен абразивный инструмент (круги, порошки, пасты), который успешно прошел промышленные испытания. Технология получения новых абразивных материалов полученных взрывом и баллистическим сжатием позволяет влиять на свойства абразивного материала при его получении. Можно с уверенностью сказать, что реализация динамических алмазоподобных абразивных материалов в промышленности дает возможность повысить эффективность абразивной обработки различных материалов, включая чугун, легированные стали, цветные металлы и строительные материалы.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА И РАСЧЕТОВ  
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШИН НА АВТОТРАНСПОРТНОМ  
ПРЕДПРИЯТИИ**

Р.В. Заболотный

Эффективное функционирование такой системы, как автомобильный транспорт, возможно на учете расхода и движения материальных ценностей, на учете выработки, доходов, расходов и прибыли по каждому автомобилю, подразделению, водителю и т.д. Управление технической службы на базе имеющейся информации требует составления накопительной документации, ее обработки и анализа, что является весьма трудоемким процессом. Возникает необходимость в разработке новых информационных технологий, которые наряду с решением задач по сбору, хранению и обработке информации должны обеспечивать решение задач анализа и принятия решений. Применение вычислительной техники позволяет повысить скорость обработки информации с достаточной оперативностью, для принятия решений, и обеспечить практически полный постоянный анализ.

На кафедре «Автомобильный транспорт» разработан комплекс мероприятий, связанных с учетом, контролем и обслуживанием колес. Данный комплекс характеризуется составом форм учёта и анализа данных, позволяющих в удобной и информативной форме обеспечить грамотную эксплуатацию и качественное обслуживание шин.

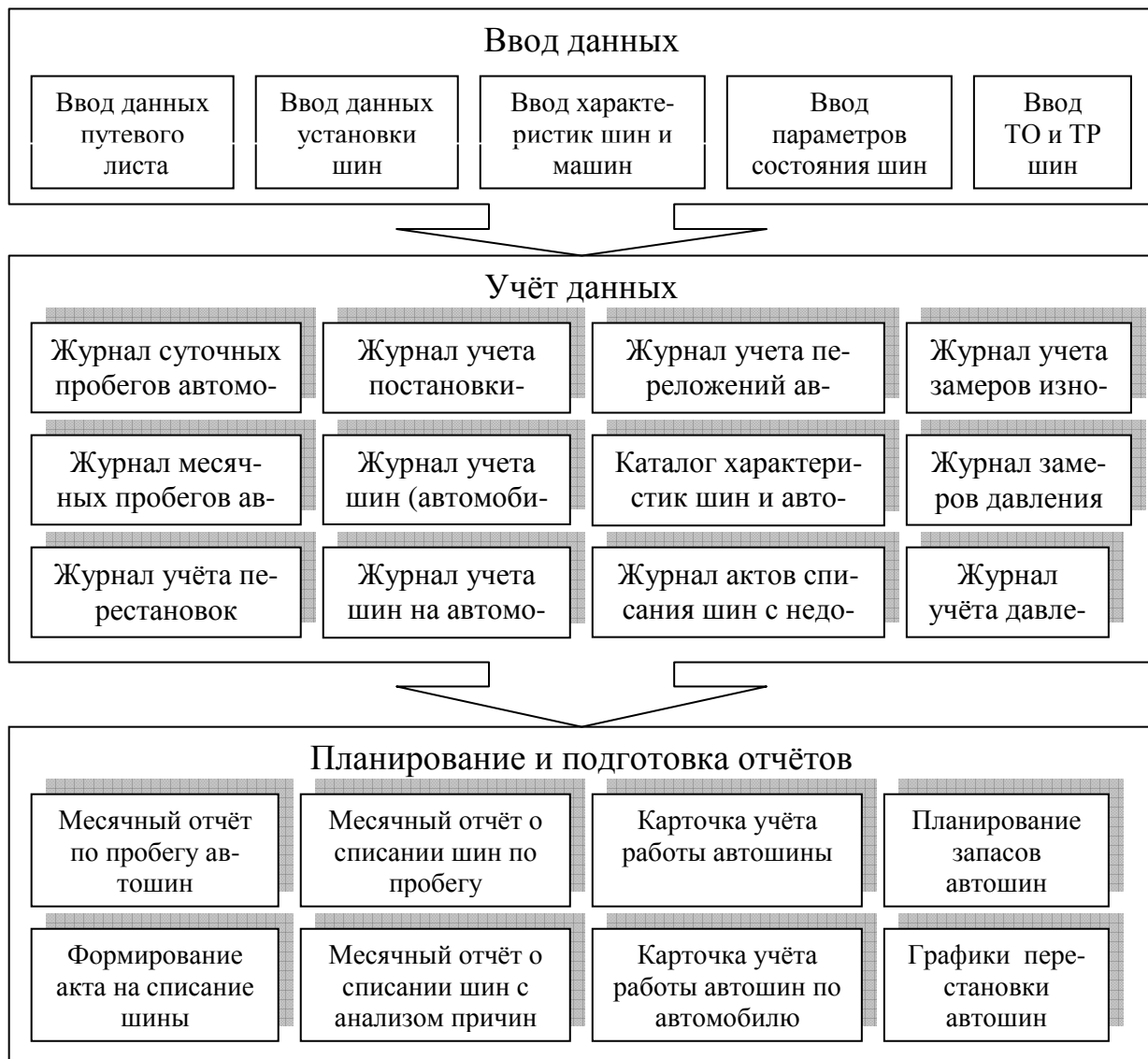


Рис. 1. Состав системы учета, анализа и планирования АРМ техника по учёту шин

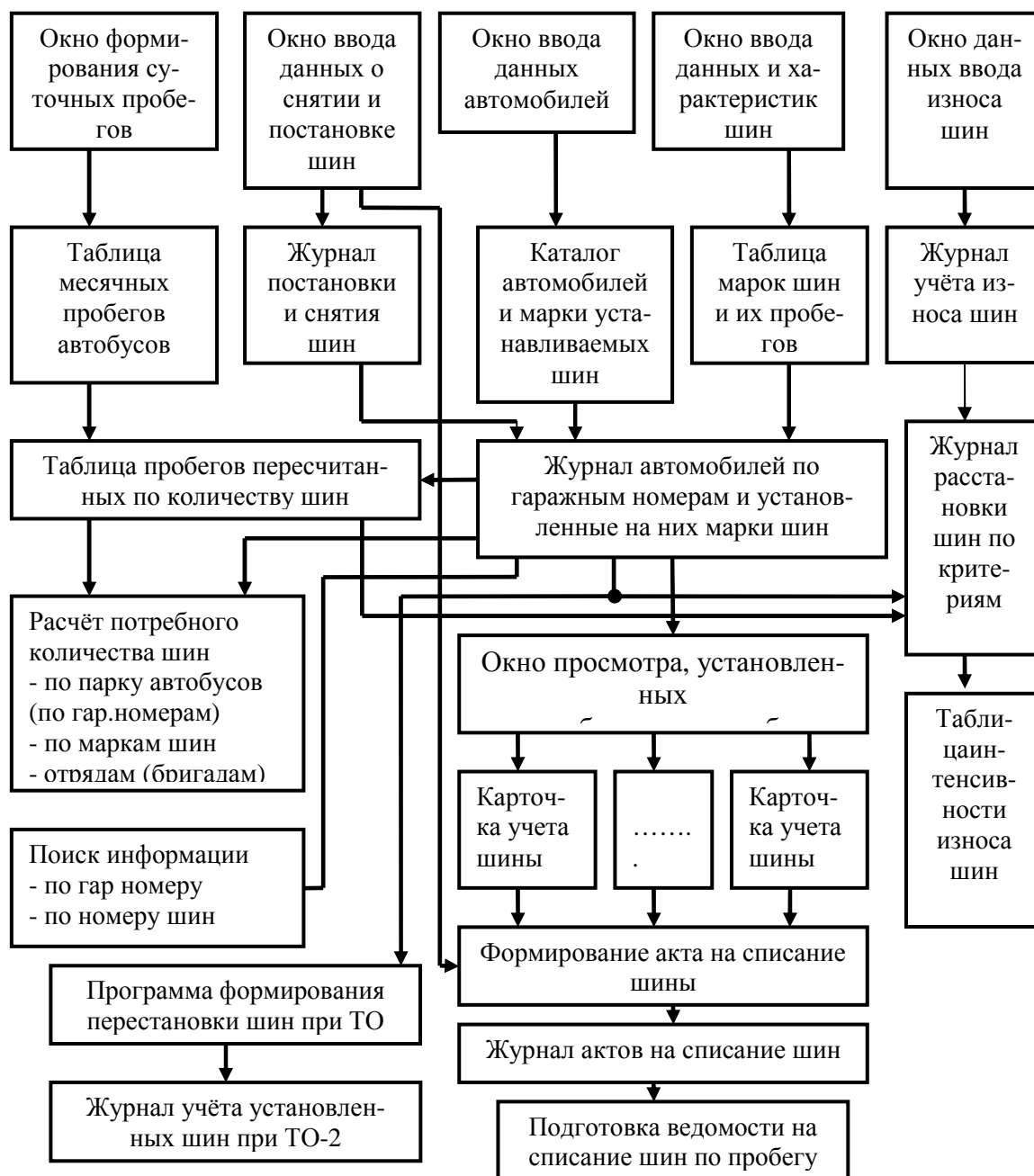


Рисунок 2. Обобщенная функциональная схема отдельных элементов комплекса

При проектировании решены следующие задачи:

- 1) Создание базы данных: справочники;
- 2) Создание базы данных: документы;
- 3) Разработка форм и отчётов;
- 4) Разработка функциональных схем движения информации между базами данных и формами отчёта;

5) Разработка рекомендаций по ведению учёта, вводу данных и оформлению документов.

Информация также представлена в виде технического задания. Рекомендуется использовать при совершенствовании информационного обеспечения автотранспортных предприятий, в частности АРМ шинного хозяйства, а также, в качестве практического пособия при обучении студентов специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство».

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР СТРАТЕГИИ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА  
АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ИЗВЕСТНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ  
ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

Р.В. Заболотный

Выбор стратегии обеспечения работоспособности автомобилей производится на основе использования обобщенных закономерностей, учитывающих влияние технического состояния на экономические, эксплуатационные и экологические параметры. Наиболее распространены стратегии ТО (технического обслуживания), ремонта и их комбинация.

Процесс определения рациональной периодичности технического обслуживания или своевременной постановки изделия на ремонт от момента постановки задачи до практического его применения занимает достаточно долгое время.

В процессе проведения научно-исследовательских работ на кафедре «Автомобильный транспорт» Волжского политехнического института были установлены зависимости изменения толщины накладки от пробега и тормозных сил на колёсах для дисковых и барабанных тормозов автобусов «Волжанин-5270».

На основе определённых зависимостей можно определять экономические и тормозные показатели тормозных систем при определенном пробеге автобусов, осуществлять прогнозную оценку ресурса тормозных накладок и барабанов (дисков).

Особая сложность выбора стратегии и рациональной периодичности возникает при значительной вариации интенсивности износа одноименных деталей. В частности при эксплуатации автомобилей, оснащённых антиблокировочными системами виду особенностей условий и режима функционирования деталей тормозных систем автомобилей.

Для решения данной проблемы предлагается моделирование и анализ двух стандартных и пять альтернативных вариантов стратегий поддержания автомобилей в технически исправном состоянии:

1) устранение неисправностей по мере возникновения отказа (при ТР) – чрезмерного износа тормозных накладок;

2) при проведении ТО замена всех накладок на новые и устранение неисправностей заменой накладки по мере возникновения отказа между ТО (при ТР);

3) при проведении ТО замена всех накладок на накладки с рассчитанными толщинами, если при расчёте выявлено наличие отказа до следующего ТО и устранение неисправностей заменой накладки по мере возникновения отказа между ТО (при ТР);

4) при проведении ТО замена определённых накладок на новые или рассчитанные толщины, если при расчёте выявлено наличие отказа до следующего ТО и устранение неисправностей заменой накладки по мере возникновения отказа между ТО (при ТР);

5) при проведении ТО перестановка накладок в зависимости от интенсивности износа и толщины накладок и устранение неисправностей заменой накладки по мере возникновения отказа между ТО (при ТР);

6) при проведении ТО перестановка накладок в зависимости от интенсивности износа и толщины накладок, замена определённых накла-

док на новые, если при расчёте выявлено наличие отказа до следующего ТО, их перестановка и устранение неисправностей заменой накладки по мере возникновения отказа между ТО (при ТР);

7) При проведении ТО перестановка накладок в зависимости от интенсивности износа и толщины накладок, замена определённых накладок на новые или с рассчитанной толщиной, если при расчёте выявлено наличие отказа до следующего ТО, их перестановка и устранение неисправностей заменой накладки по мере возникновения отказа между ТО (при ТР).

Автором разработана программа перестановки и/или замены тормозных накладок в зависимости от их текущей толщины и разной интенсивности износа от места их монтажа с целью уменьшения отказов в межконтрольный период или назначения безотказного максимального пробега.

Исходными данными для моделирования являются: интенсивности изнашивания тормозных накладок в зависимости от места их установки; текущая толщина установленных накладок; толщина новой тормознойкладки; минимально допускаемая толщина тормознойкладки; стоимость проведения операции устранения отказа по мере возникновения (при ТР); стоимость проведения операции технического обслуживания (при ТО); стоимость новой тормознойкладки; установленные периодичности (пробеги) проведения технического обслуживания.

Принятые допущения: износ тормозных накладок происходит постепенно, аварийные отказы и поломки отсутствуют; интенсивность износа тормозных накладок не зависит от текущей толщины тормозных накладок и является величиной постоянной; интенсивность износа описывается линейным уравнением (целой рациональной функцией 1 порядка); рассматриваемый контрольный пробег и пробег между обслуживаниями кратны между собой; ввиду того, что при проведении ТО производится контроль толщины накладок и их замена, количество перестановок и замен при ТО не влияет на стоимость самого ТО.



Критериями эффективности выбора стратегии служат:

- минимальные материальные затраты на поддержание автомобиля в исправном состоянии (технико-экономический);
- минимальное количество отказов (замен) при эксплуатации (обеспечение безопасности).

Суммарные затраты на поддержание автомобилей в исправном состоянии для любых стратегий оцениваются следующей формулой

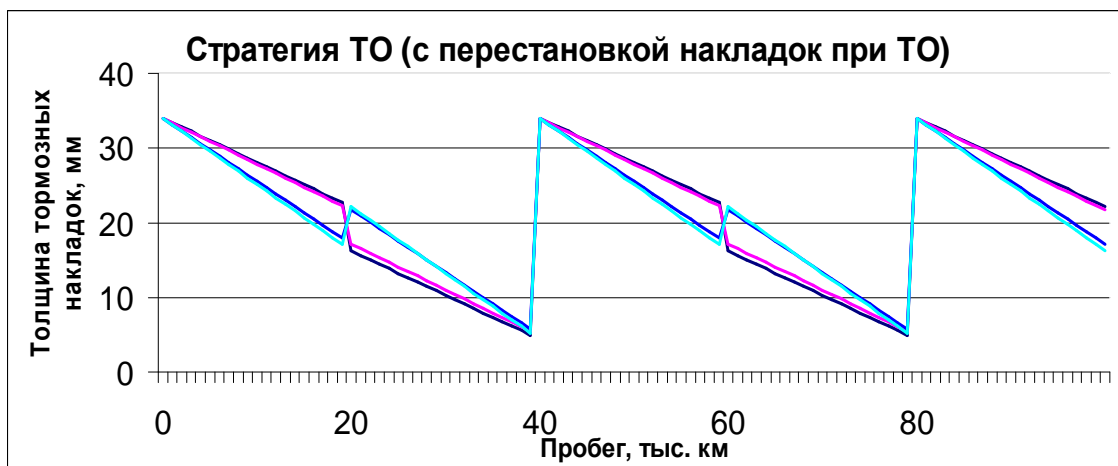
$$\sum C = C_{ТР} + C_{ТО} + C_H = N_{ТР} \cdot c + N_{ТО} \cdot d + n_{ТОиТР} \cdot d_H$$

где  $C_{ТР}$  – затраты на проведение текущего ремонта (замена тормозной накладки),  $C_{ТО}$  – затраты на проведение ТО с заменой накладки,  $C_H$  – затраты на запасные части (тормозные накладки),  $N_{ТР}$  – количество операций текущего ремонта (отказов),  $c$  – стоимость операции текущего ремонта,  $N_{ТО}$  – количество операций ТО с заменой накладки,  $d$  – стоимость операции замены накладки при ТО,  $n_{ТОиТР}$  – количество накладок, заменяемых при текущем ремонте и ТО,  $d_H$  – стоимость тормозной накладки.

По предлагаемым рекомендациям разработан моделирующий алгоритм и программная реализация в среде VBA, что позволило значительно ускорить расчёты и испытания. Предусмотрена возможность оптимизация пробега (периодичности) для технических обслуживаний по каждому приведенному критерию.

Результаты моделирования для анализа отображаются в цифровом виде, в окне формы программы, в табличном и графическом видах (рис.).

В ходе моделирования и анализа рассчитанных показателей установлено, что выбор оптимальной стратегии зависит от распределения в интенсивности изнашивания одноименных деталей, в частности тормозных накладок, установленных конструктивно на разных осях, сторонах и положениях в тормозных механизмах.



Пример моделирования износа четырёх тормозных накладок с перестановкой при плановом техническом обслуживании на пробеге 20 тыс. км.

Последнее необходимо учитывать при определении сферы применения предлагаемых решений:

- определение периодичности ТО дорогостоящих операций, оказывающих существенное влияние на безотказность;
- дорожную и экологическую безопасность автомобилей;
- разграничение сфер рационального использования профилактических тактик по наработке (I-1) и состоянию (I-2);
- использование данного методического подхода при решении других задач ТЭА: определение размера запасов, численности персонала и др.

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ СБОРКА МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

А. В. Трегубов, О. М. Ладыгина

Большая трудоемкость сборки многоэлементных изделий, особенно малогабаритных и миниатюрных, в условиях большой плотности монтажа обусловила на одном из предприятий проведение исследовательско-экспериментальной работы по созданию способов и средств для сборки многоэлементных изделий различных видов. Наиболее перспективным ме-

тодом, обеспечивающим значительный рост производительности труда, является одновременная сборка нескольких или всех элементов.

Учитывая, что в многоэлементных узлах размерные цепи, как правило, являются подобными, для оценки условия собираемости из всего множества цепей достаточно рассмотреть одну в условиях неблагоприятного расположения собираемых элементов (рис. 1).

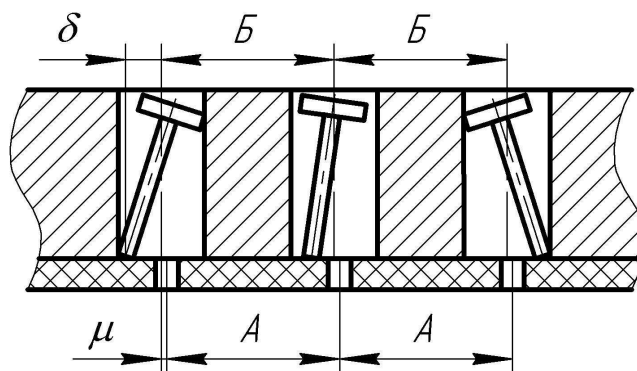


Рис. 1. Вариант расположения деталей при многоэлементной сборке

Из приведенной схемы видно, что для сопряжения деталей должно выполняться условие:

$$Z_{\min} > \delta A + \delta B + \delta + \mu,$$

где  $Z_{\min}$  – минимальный зазор в сопряжении;

$\delta A$  – допуск на межосевой размер охватывающей детали;

$\delta B$  – погрешность размера между базирующими отверстиями охватываемой детали;

$\delta$  – погрешность базирования охватываемой детали в сборочной позиции;

$\mu$  – погрешность относительного расположения охватывающей детали и базирующих отверстий.

Очевидно, автоматическая сборка по схеме рис. 1 является невозможной из-за неопределенной по направлению и чрезмерно большой по величине погрешности базирования  $\delta$ .

Таким образом, для автоматизации сборки стержневых деталей необходимо применять специальные устройства для центрирования и направления этих элементов при сборке. В литературе [1, 2, 3] приведено описание ряда таких устройств. Цанги, раздвижные кулачки и упругие направляющие элементы предназначены для центрирования и направления собираемых деталей по их наружным поверхностям, центрирующие штыри – для направления и центрирования деталей, имеющих центральное отверстие. Однако недостаток цанг и раздвижных кулачков заключается в том, что они загромождают рабочую зону и не позволяют одновременно соединять близко расположенные элементы. Кроме того, при сборке в этих устройствах можно повредить защитные покрытия собираемых элементов.

В упругих направляющих элементах и установочных штырях эти недостатки отсутствуют, однако упругие направляющие элементы имеют повышенный коэффициент трения, из-за чего малонадежны и, кроме того, подвержены значительному износу. Названные средства автоматизации имеют, кроме перечисленных, один общий недостаток – невозможность их переналаживания для изготовления однотипных изделий, что необходимо в условиях массового быстросменного производства.

На одном из предприятий разработаны способы базирования и одновременной сборки деталей стержневого типа, отвечающие требованиям простоты конструкции, надежности, незначительного износа и широкой универсальности к соотношениям размеров и формы собираемых деталей. Базирование детали осуществляется в цилиндрических (рис. 2) или в призматических (рис. 3) отверстиях, имеющих ось, близкую к горизонтальной. Типовая стержневая деталь занимает в таком отверстии наклонное положение.

На рис 4. приведены приемы осуществления одновременной автоматической сборки многоэлементных изделий.

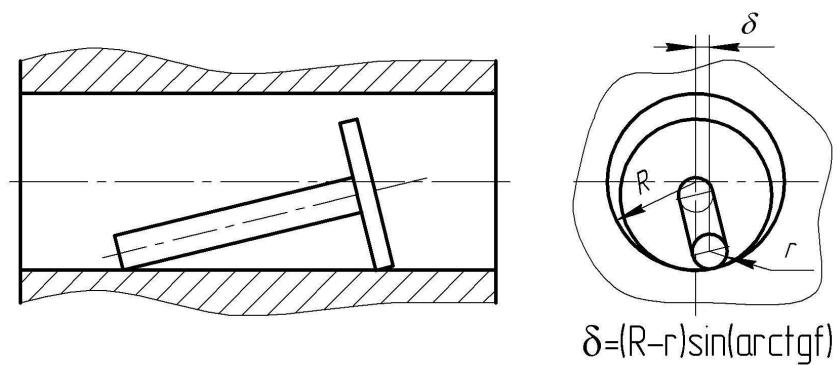


Рис. 2.Базирование типовой стержневой детали в цилиндрическом отверстии

На рис. 2 обозначено:  $R$ , мм – радиус отверстия сборочной позиции;  
 $r$ , мм – радиус стержневой детали;  $f$  – коэффициент трения материалов;  $\delta$ , мм – погрешность базирования.

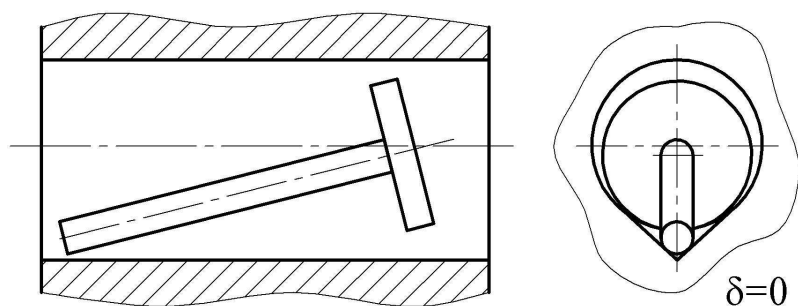


Рис. 3. Базирование типовой стержневой детали в призматическом отверстии

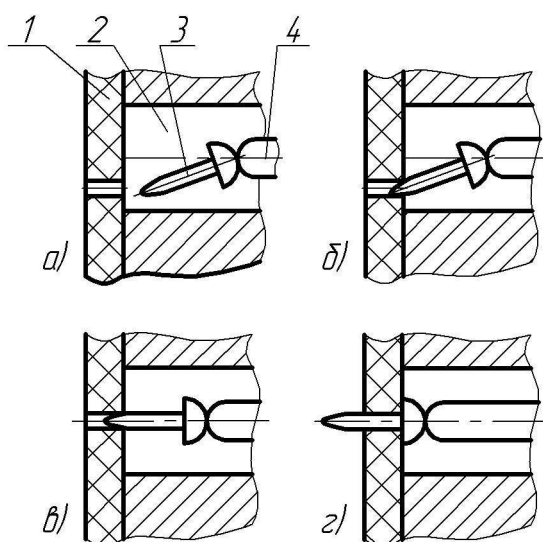


Рис. 4. Приемы осуществления одновременной автоматической сборки многоэлементных изделий

Детали 3, расположенные в базирующих отверстиях 2, подлежат постановке в отверстия охватывающей детали 1, установленной в матрице, не показанной на рис. 4. Постановка осуществляется пуансонами 4. Стержневые детали сопрягаются с отверстиями охватывающей детали, смещенными относительно осей базирующих отверстий в последовательности а), б), в), г) в соответствии с рис. 4.

### **Литература**

1. Радиоэлектронная техника 1970 г. Обзор. – «Электроника», 1970, №1.
2. Рабинович А.Н. Механизация и автоматизация сборочных работ в машиностроении и приборостроении. М., «Машиностроение», 1964.
3. Яхимович В.А. Транспортно-загрузочные и сборочные устройства и автоматы. Киев, «Техника», 1976.
4. А.с 719854 (СССР) Устройство для групповой установки деталей типа заклепок в изделие / А. В. Трегубов, опубл. в Б.И., 1980, № 9, МКИ В23Р 21/00.

### **АНАЛИЗ УРАВНЕНИЙ РЕГРЕССИИ, РАССЧИТАННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТА**

П.А.Кулько, Н.А. Беспалько

На кафедре «Автомобильный транспорт» Волжского политехнического института исследовано влияние пробега автобусов марки «Волжанин-5270.06» на изменение толщины тормозных дисков на передних и задних мостах. Для проведения исследования выбраны девять низкопольных автобусов, которые работали в городских условиях в г.Волжском с пробегом от 109000 до 198000 км . Микрометраж тормозных дисков выполнялся по измерению толщины цифровым штангенциркулем с ценой деления 0,01 мм.

Результаты микрометража представлены в таблице 1.

Таблица 1.- Результаты микрометража толщины тормозных дисков

Гаражный номер	Пробег, тыс.км	Передний мост		Задний мост	
		Слева, мм	Справа, мм	Слева, мм	Справа, мм
373	109,3	41,74	42,54	41,89	41,95
379	129,2	40,64	40,57	41,15	41,09
371	152,8	41,02	38,51	41,11	41,57
384	157,9	40,64	40,97	41,3	42,07
355	160	40,72	40,44	40,06	40,01
387	172	41,01	40,66	40,26	40,79
378	183,3	40,58	41,02	39,45	40,85
377	186,6	40,92	40,66	40,09	42,23
383	197,8	39,32	38,57	38,83	40,14

Определение уравнения изменения толщины изношенных тормозных дисков от пробега автобусов выполнялось по правилам [1]: если результативный и факторный признаки изменяются одинаково, примерно в арифметической прогрессии,- это свидетельствует о линейной связи, а если происходит изменение факторного признака значительно быстрее, то используется параболическая или степенная регрессии. По результатам микрометража, очевидно, следует применить уравнение регрессии линейного типа:

$$Y_i = kx_i + b_i, \quad (1)$$

где  $Y_i$  – текущая величина толщины диска, мм;  $x_i$  – текущая величина пробега автобуса, тыс. км;  $k$  – коэффициент, учитывающий изменение толщины диска (интенсивность износа дисков, мм/тыс. км);  $b_i$  – начальная толщина тормозного диска, мм.

Отыскание параметров выборочного уравнения выполнялось по несгруппированным данным [1] методом наименьших квадратов по расчётной таблице 2. Для примера выполним расчёт по левому переднему колесу.

Искомые параметры:

$$k = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum x \cdot \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Таблица 2. – Расчётная таблица по переднему левому колесу

$x$	$y$	$x^2$	$xy$
109,3	41,74	11946,49	4562,182
129,2	40,64	16692,64	5250,688
152,8	41,02	23347,84	6267,856
157,9	40,64	24932,41	6417,056
160	40,72	25600	6515,2
172	41,01	29584	7053,72
183,3	40,58	33598,89	7438,314
186,6	40,92	34819,56	7635,672
197,8	39,32	39124,84	7777,496
$\sum x = 1448,9$	$\sum y = 366,59$	$\sum x^2 = 239646,7$	$\sum xy = 58918,18$

$$k_1 = -0,0154, \quad b_1 = 43,2197$$

Получено выборочное уравнение линейного типа:

$$Y_1 = -0,0154x + 43,2197 \quad (2)$$

Для анализа уравнения регрессии выполнили две задачи теории корреляции [1]. Первая задача – установить форму корреляционной связи. Для этого проверим соответствие условных средних величин, вычисленных по уравнению (2), с данными в таблице (1). Например, при  $x_i = 160$  найдём по таблице  $Y = 40,72$  мм; по уравнению:  $Y = -0,0154 \cdot 160 + 43,2197 = 40,7557$ . Таким образом, найденное уравнение хорошо согласуется с данными измерения.

Вторая задача теории корреляции – оценить тесноту (силу) корреляционной связи. Выборочный коэффициент корреляции определяли по формуле:



$$r_{\hat{a}} = \frac{\sigma_{\hat{\delta}}}{\sigma_{\delta}}, \quad (3)$$

где  $\sigma_{\hat{\delta}}, \sigma_{\delta}$  - средние квадратические отклонения переменных  $x_i, Y_i$ . Определяем  $\sigma_{\hat{\delta}}, \sigma_{\delta}$  по формулам [1]:

$$\sigma_{\hat{\delta}}^2 = \overline{\delta^2} - |\overline{\delta}|^2 \quad (4)$$

$$\sigma_{\delta}^2 = \overline{\delta^2} - |\overline{\delta}|^2 \quad (5)$$

По данным в таблице 2 рассчитаем выборочный коэффициент корреляции  $r_{\hat{a}}$  для переднего левого колеса по формуле (3),  $r_{\hat{a}} = -0,688$ .

Тесноту связи найдём по таблице 3 [1].

Таблица 3. – Количественные критерии оценки тесноты связи

Величина коэффициента корреляции	Характер связи
До $ \pm 0,3 $	Практически отсутствует
$ \pm 0,3  -  \pm 0,5 $	Слабая
$ \pm 0,5  -  \pm 0,7 $	Умеренная
$ \pm 0,7  -  \pm 1,0 $	Сильная

Таким образом, результат проверки выборочного уравнения регрессии по изменению толщины тормозного диска в зависимости от пробега автобуса показал, что форма корреляционной связи (линейное уравнение) выбрана правильно. А характер связи между результативным и факторным признаками достаточно сильный.

Проверку значимости коэффициента корреляции выполняли по критерию распределения Стьюдента [1]:

$$t_{\delta} = \frac{|r|}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2}, \quad (6)$$

где  $n$  – число измеренных тормозных дисков,  $n=9$ .

Подставим в уравнение (6) значение  $r_p = -0,688$ .

Полученное значение  $t_p=2.51$  проверяем по критической величине распределения Стьюдента при уровне значимости  $\alpha = 0.05$  и числе степеней свободы  $k = n - 2 = 9 - 2 = 7$ , которая равна  $t_{кр} = 2,36$ . Так как  $t_p > t_{кр}$ , подтверждаем гипотезу о значимости коэффициента корреляции  $r_p = - 0,688$ .

Выполненные аналогичные расчеты по отысканию функции изменения толщины тормозных дисков от пробега автобуса позволили получить следующие уравнения регрессии:

- переднее правое  $Y = - 0,02598x + 44,88;$

- заднее левое  $Y = - 0,02297x + 44,34;$

- заднее правое  $Y = - 0,01013x + 42,82.$

Все полученные уравнения регрессии соответствуют задачам корреляции.

#### Литература

1. Р.А.Шмойлова Теория статистики. - М.: Финансы и статистика, 1996.— 464 с.

## **ПРОГНОЗНЫЕ РАСЧЁТЫ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ В ДТП ПО ОПРОКИДЫВАНИЮ В г. ВОЛЖ- СКОМ**

П.А.Кулько, Е.И.Небыкова

В течение трёх лет с 2007 по 2010 гг. в г. Волжском произошло пять случаев опрокидывания автомобилей. Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) были совершены при движении автомобилей по кривым внешне не опасным элементам городских улиц. Установлены причины ДТП - это превышения водителями критической скорости движения на повороте. В задачи исследования были включены работы по определению факторов, влияющих на опрокидывание автомобилей, и аналитическому расчёту критических скоростей в местах совершения ДТП. Из картотеки в отдельной

роте ДПС ГИБДД при УВД по городу Волжскому установлены следующие обстоятельства дорожно-транспортного происшествия.

1. 26.10.2010 г. (схема ДТП: приложение, рис.1)

Время: 20.00

Адрес: ул. Молодёжная, 15А

Тип, марка ТС: легковой, комби, ВАЗ-2108(09)

Дорожные условия:

- улица местного значения;
- ширина проезжей части – 8 м;
- покрытие асфальтобетонное;
- состояние покрытия: сухое; коэффициент сцепления  $\varphi = 0,7$ ;
- освещение: включено;
- погодные условия: ясно;- количество участников: 1
- категория дороги: 4.

Эксплуатационные характеристики дороги:

- поперечный уклон – 20 ‰
- радиус кривой – 30 м

ТС совершало правый поворот

2. 03.08.2010 г. (схема ДТП: приложение, рис.2)

Время: 20.40

Адрес: ул. Полярная, 2

Тип, марка ТС: легковой, комби, “Фольксваген”

Дорожные условия:

- улица местного значения;
- ширина проезжей части – 6 м;
- покрытие асфальтобетонное;
- состояние покрытия: сухое; коэффициент сцепления  $\varphi = 0,7$ ;
- освещение: включено;
- погодные условия: ясно;- количество участников: 1
- категория дороги: 4.

Эксплуатационные характеристики дороги:

- поперечный уклон – 20 ‰
- радиус кривой – 30 м

ТС совершало правый поворот

3. 05.06.2010 г. (схема ДТП: приложение, рис.3)

Время: 06.35

Адрес: автодорога №6

Тип, марка ТС: легковой, седан, ВАЗ-2106(07)

Дорожные условия:

- улица местного значения;

- ширина проезжей части – 6 м;
- покрытие асфальтобетонное;
- состояние покрытия: сухое; коэффициент сцепления  $\varphi = 0,7$ ;
- освещение: светлое время суток;
- погодные условия: ясно;- количество участников: 4
- категория дороги: 4.

Эксплуатационные характеристики дороги:

- поперечный уклон – 20 ‰
- радиус кривой – 80 м

ТС совершало левый поворот

4. 25.08.2008 г. (схема ДТП: приложение, рис.4)

Время: 13.50

Адрес: ул. Смоленская , 69

Тип, марка ТС: легковой, комби, ВАЗ-2108(09)

Дорожные условия:

- улица местного значения;
- ширина проезжей части – 5,4 м;
- покрытие асфальтобетонное;
- состояние покрытия: сухое; коэффициент сцепления  $\varphi = 0,7$ ;
- освещение: светлое время суток;
- погодные условия: ясно;- количество участников: 1
- категория дороги: 4.

Эксплуатационные характеристики дороги:

- поперечный уклон – 20 ‰
- радиус кривой – 20 м

ТС совершало правый поворот

5. 15.06.2008 г. (схема ДТП: приложение, рис.5)

Время: 11.30

Адрес: ул. Шоссейная (Набережная)

Тип, марка ТС: легковой, комби, ВАЗ-2104

Дорожные условия:

- улица местного значения;
- ширина проезжей части – 10 м;
- покрытие асфальтобетонное;
- состояние покрытия: сухое; коэффициент сцепления  $\varphi = 0,7$ ;
- освещение: светлое время суток;
- погодные условия: ясно;- количество участников: 1
- категория дороги: 4.

Эксплуатационные характеристики дороги:

- поперечный уклон – 20 ‰
- радиус кривой – 90 м

ТС совершало левый поворот

По результатам анализа условий происшедших ДТП примем для расчёта следующие переменные факторы: радиус кривой на повороте, **r**; тангенс угла поперечной устойчивости легкового автомобиля, **tg α**; тангенс угла поперечного уклона дороги на повороте с двухскатной проезжей частью, **tg β**. Указанные переменные приведены в таблице 1.

Таблица 1.- Величины переменных факторов по ДТП

Наименование факторов	Обозначение	Размерность	1	2	3	4	5
1. Радиус кривой, <b>r</b>	$X_1$	м	30	30	80	20	90
2. Тангенс угла поперечной устойчивости легкового автомобиля, <b>tg α</b>	$X_2$	-	1,05	0,9	1,1	1,05	0,9
3. Тангенс угла поперечного уклона дороги на повороте с двухскатной проезжей частью, <b>tg β</b>	$X_3$	-	0,12	0,12	0,1	0,12	0,1

Аналитический расчёт по определению критических скоростей движения автомобилей выполним по рекомендации [2].

Прогнозные значения критических скоростей (**У**) определим по уравнениям регрессии, которые были рассчитаны [2] по значениям переменных факторов в таблице 2:

Левый поворот

$$Y = 99,63 + 26,70 X_1 + 7,54 X_2 + 2,96 X_3 \quad (1)$$

Правый поворот

$$Y = 124,50 + 33,23 X_1 + 8,9 X_2 + 1,18 X_3 \quad (2)$$

Таблица 2.-Переменные факторы для условия движения автомобиля на повороте с правым и левым движением при опрокидывании

Наименование факторов	Обозначение	-1	0	+1	Интервал	Размерность
1.Радиус кривой, $r$	$X_1$	50	100	150	50	м
2.Тангенс угла поперечной устойчивости легкового автомобиля, $tga$	$X_2$	0,9	1,05	1,2	0,15	-
3.Тангенс угла поперечного уклона дороги на повороте с двухскатной проезжей частью, $tgb$	$X_3$	0,12	0,01	0,10	0,01	-

Переведём физические величины переменных факторов, указанные в таблице (1), в кодовые значения и подставим в уравнение (1) или (2). В результате расчёта получены следующие величины критических скоростей, которые сведены в таблицу 3.

Таблица 3. – Расчётные значения критических скоростей движения автомобилей на поворотах в анализируемых ДТП

Номер ДТП	ДТП№1	ДТП№2	ДТП№3	ДТП№4	ДТП№5
Значение критической скорости, км/ч	76,8	68,0	94,2	70,2	89,7

### Выводы

1. По результатам данного исследования и расчета определены критические скорости движения автомобилей в обстоятельствах дорожно-транспортного происшествия по опрокидыванию. Приведённая методика позволяет выполнить анализ опасных элементов городских улиц с целью предупреждения аналогичных ДТП.

2.Рекомендуется Администрации и ОГИБДД города Волжского выполнить анализ опасных участков городских улиц по условиям заноса и опрокиды-

вания автомобилей по договору с Волжским политехническим институтом (исполнитель кафедры «Автомобильный транспорт»).

3. Для снижения числа дорожно-транспортных происшествий по заносам и опрокидыванию рекомендуется на опасных элементах улиц:

- установить обоснованные запрещающие знаки типа 3.24 «Ограничение максимальной скорости» и информационные знаки типа 6.2 «Рекомендуемая скорость»;
- улучшить условия движения по кривым малого радиуса, например, с помощью устройства виражей;
- предусмотреть перепланировку пересечений дорог с целью увеличения радиуса поворота.

#### Литература

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для ВУЗов. М.: Транспорт, 1993.-271 с.
2. П.А.Кулько, А.П. Кулько, Т.А. Галицына. Прогнозирование показателей поперечной устойчивости автомобилей на поворотах./ Известия ВолгГТУ. Волгоград, 2010.- С 58...61.

### **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕЩЕСТВ ИЗ КЛАССА ПОРОФОРЫ ДЛЯ ИМПРЕГНИРОВАНИЯ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА**

А. П. Митрофанов, В.А. Носенко, Г.М. Бутов

Один из наиболее перспективных и мало затратных методов повышения эффективности процесса шлифования заключается в дополнительном введении в поры абразивного инструмента (АИ) определенным образом подобранных веществ — импрегнаторов.

В работе показана возможность применения нового класса импрегнаторов – органических газообразователей (порофоры). В процессе термического разложения органических газообразователей выделяется большое количество газовых продуктов, характеризуемое так называемым газовым числом, находящимся в пределах 200 – 400 см<sup>3</sup>/г. К числу таких органических газообразователей относится азодикарбонамид (АДКА) и 4,4-оксибис(бензолсульфонилгидразид) (OBSH).

Положительное действие импрегнатора на основе порофоров при шлифовании заключается в следующем. В результате воздействия высоких температур АДКА или OBSH в зоне резания распадаются с выделением большого количества газов (азот, оксид углерода, аммиак, пары воды), вступающих во взаимодействие со свежесформированными поверхностями обрабатываемого металла, тем самым, препятствуя адгезионному взаимодействию с абразивным материалом. Образовавшиеся в результате реакции в зоне контакта нитриды металла облегчают процесс диспергирования, снижая нагрузку на зерно и, таким образом, увеличивая стойкость абразивного инструмента. Воздействие на процесс резания соединений нитрида железа основывается так же на эффекте высокотемпературной смазки.

Так же положительным действием импрегнатора на основе АДКА, является снижение засаливания АИ за счет формирования на контактирующих при шлифовании поверхностях экранирующих пленок. Достигается это за счет того, что при разложении азодикарбонамида образуется циануровая кислота, положительное действие которой основано на пассивации поверхности абразивных зерен.

Одним из продуктов реакции разложения OBSH является вещество, дифенилдисульфид, которое обладает высокими смазывающими свойствами вплоть до температуры разложения (>200° С) с образованием дифенилсульфида и свободной серы. Высвободившиеся сера вступает в взаимодействие с обрабатываемым металлом образуя сульфиды металлов, которые,



как известно, оказывают благоприятное воздействие на процесс шлифования.

Для введения органических газообразователей в поры круга приготавливали растворы в диметилсульфоксиде при температуре 40 – 50° С (приоритетная справка на состав для импрегнирования № 2010124901 от 17 июня 2010 года). Достоинством порофоров является исключительно минимальная растворимость в воде и большинстве органических растворителей, что позволяет использовать импрегнированные круги для шлифования в присутствии СОЖ. Импрегнирование осуществляется методом свободного капиллярного поднятия раствора с последующей сушкой в печи при температуре 80 – 100° С, т.к. при более высоких температурах начинается разложение диметилсульфоксида.

В качестве абразивного инструмента использовали шлифовальный круг характеристики 25AF60K7V.

Эксплуатационные свойства импрегнированного инструмента определяли при плоском врезном шлифовании стали ШХ15 и нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Режимы шлифования: скорость круга 28 м/с, скорость стола 12 м/мин, глубина шлифования 0,03 мм/дв. ход для шлифования стали ШХ15 и 0,02 мм/дв. ход для стали 12Х18Н10Т.

Объем снятого материала 4000 мм<sup>3</sup> и 480мм<sup>3</sup> для стали ШХ15 и 12Х18Н10Т соответственно.

Шлифование выполняли с охлаждением содовым раствором (0,3 % кальцинированной соды).

Эффективность работы абразивного инструмента оценивали коэффициентом шлифования и шероховатостью обработанной поверхности, а так же силой резания приведенной к ширине шлифования.

В качестве исходной базы для оценки эксплуатационных показателей импрегнированного АИ, использовали результаты, полученные при шлифовании кругом, импрегнированного серой (табл.).

Импрегнатор	Обрабатываемый материал	$K_{ш}$	$R_a$ , мкм	$P_z$ , Н/мм	$P_y$ , Н/мм
Сера	ШХ15	53	2,02 ±0,09	4,4±0,2	12,3 ±0,2
АДКА	ШХ15	96	1,42 ±0,05	4,3±0,1	11,2 ±0,1
Нет	12Х18Н10Т	2	3,43 ±0,12	7,1 ±0,5	14,3 ±0,8
ОБСН	12Х18Н10Т	3	2,61 ±0,04	5,4 ±0,4	11 ±0,4

Использование в качестве импрегнатора ОБСН позволяет повысить эффективность шлифования труднообрабатываемых материалов.

При этом происходит улучшение абсолютно всех показателей процесса шлифования. Коэффициент шлифования снижается в 1,5 раза, шероховатость обработанной поверхности на 30%, обе составляющие силы резания так же уменьшаются на 20%.

Таким образом, можно сделать вывод об эффективности применение веществ из класса порофоры для импрегнирования абразивного инструмента.

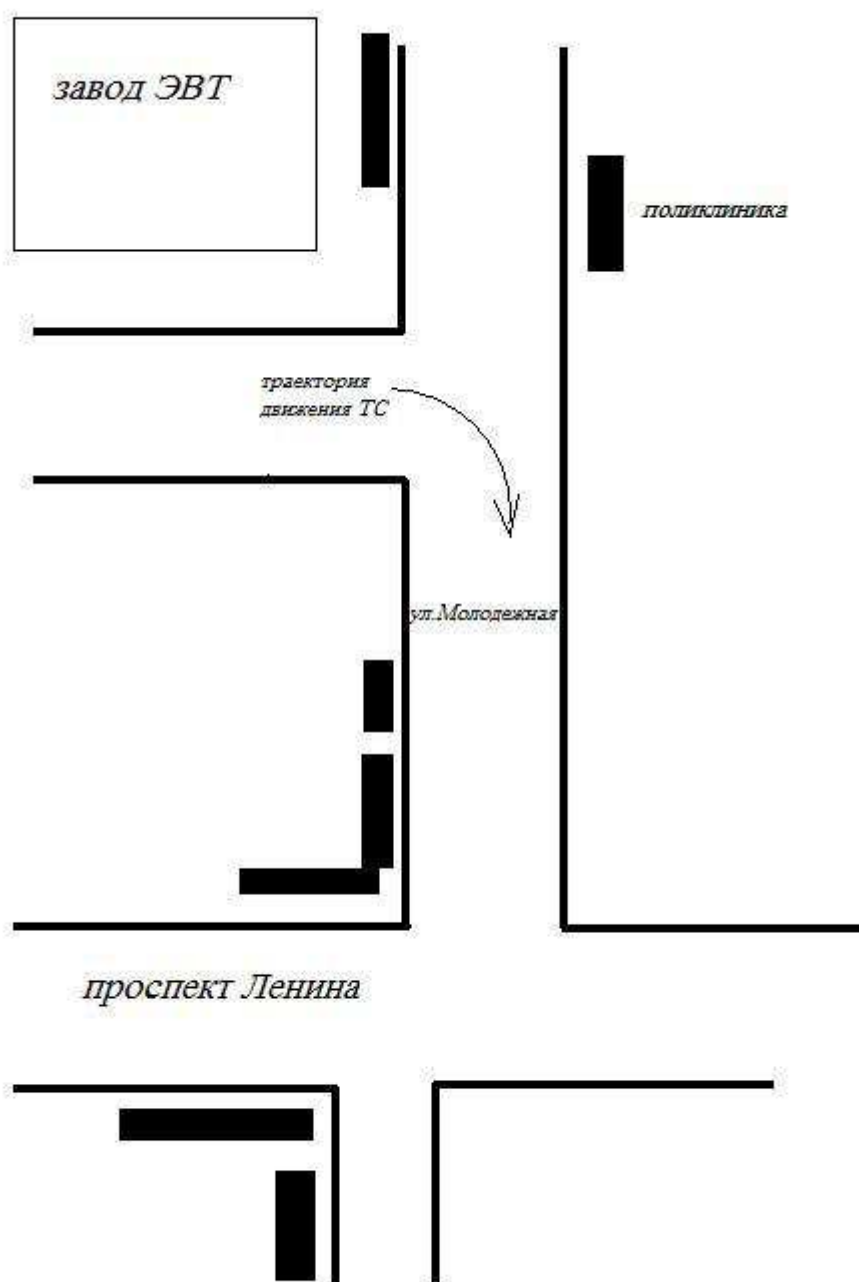


Рис.1. Схема места ДТП №1.

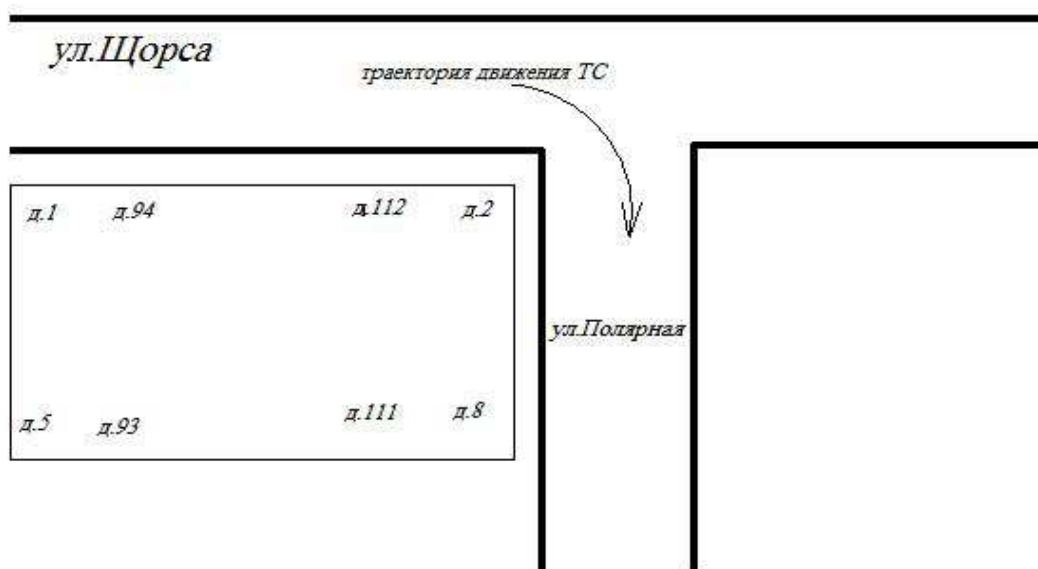


Рис. 2. Схема места ДТП №2.

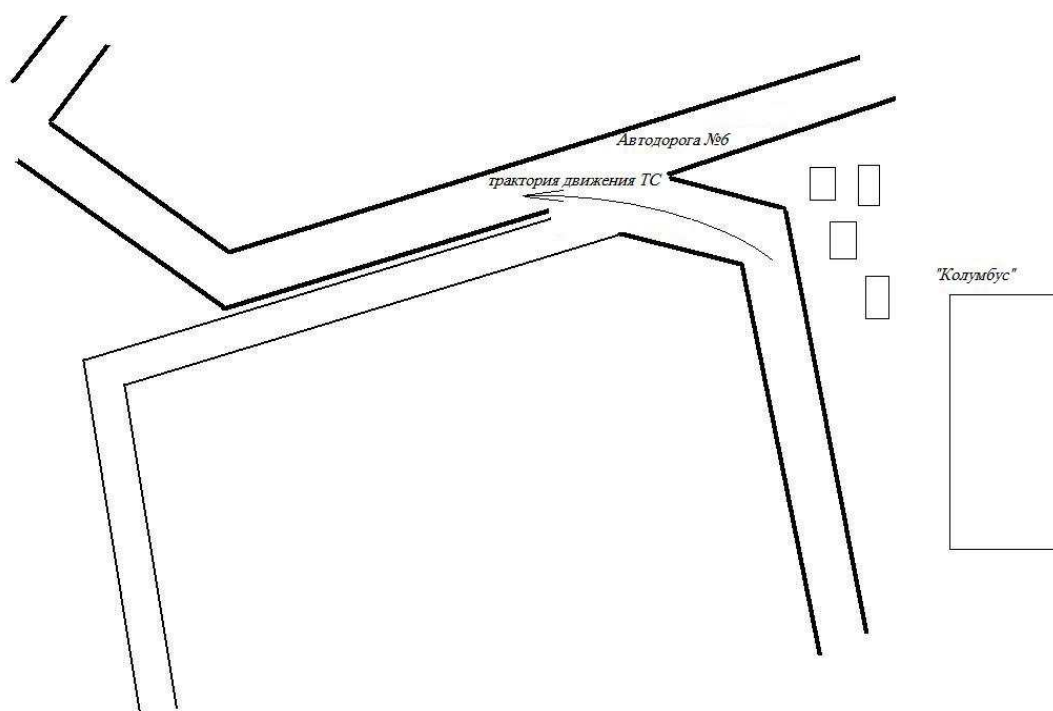


Рис. 3. Схема места ДТП №3.

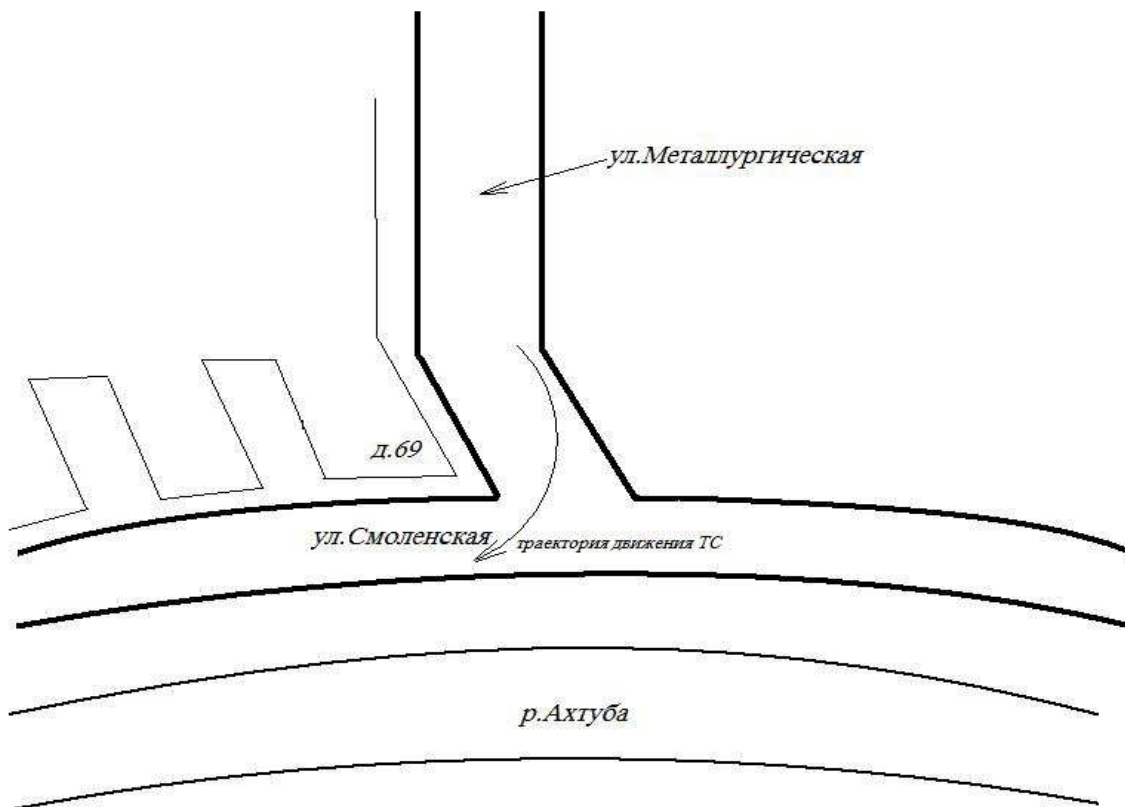


Рис. 4. Схема места ДТП №4.

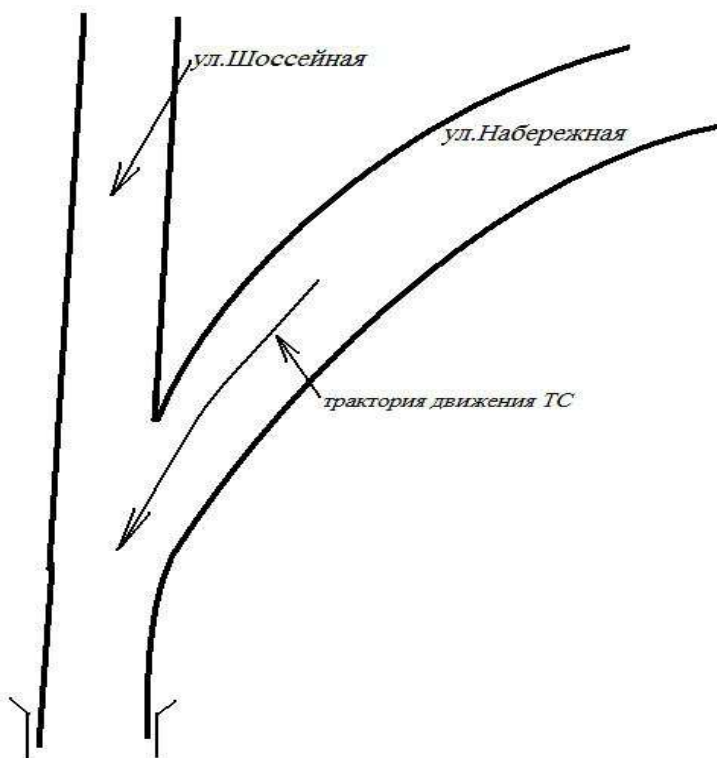


Рис. 5. Схема места ДТП №5.

## **АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО АВТОБУСА**

Д.В. Мартыненко, Ю.И. Моисеев, Е.А. Федянов, Д.А. Сериков

Повышение эффективности городских пассажирских перевозок всегда будет являться актуальной задачей для современного успешного перевозчика. Совершенствование логистики городских перемещений, сокращение эксплуатационных затрат, уменьшение стоимости приобретения подвижного состава злободневные проблемы руководителя автопарка. По данным статистики значительный объем городских перевозок осуществляется городскими автобусами, перевозящими до 70% пассажиров в г. Волжском.

Автобус представляет собой современную машину, обладающую легким и прочным корпусом, дизельным экономичным двигателем с системой турбонаддува, который имеет большой моторесурс и современную систему спутникового контроля перемещения и расхода топлива.

Последний, в свою очередь, является значительным в статье расходов при перевозках.

Кардинально снизить расход топлива в городском автобусе, по мнению экспертов, будет возможно только за счет внедрения комбинированных силовых установок оснащенной системой рекуперативного торможения.

Вместе с тем оценить эффективность применения комбинированной силовой установки на автобусе необходимо, изучив городской цикл движения автобуса на маршруте.

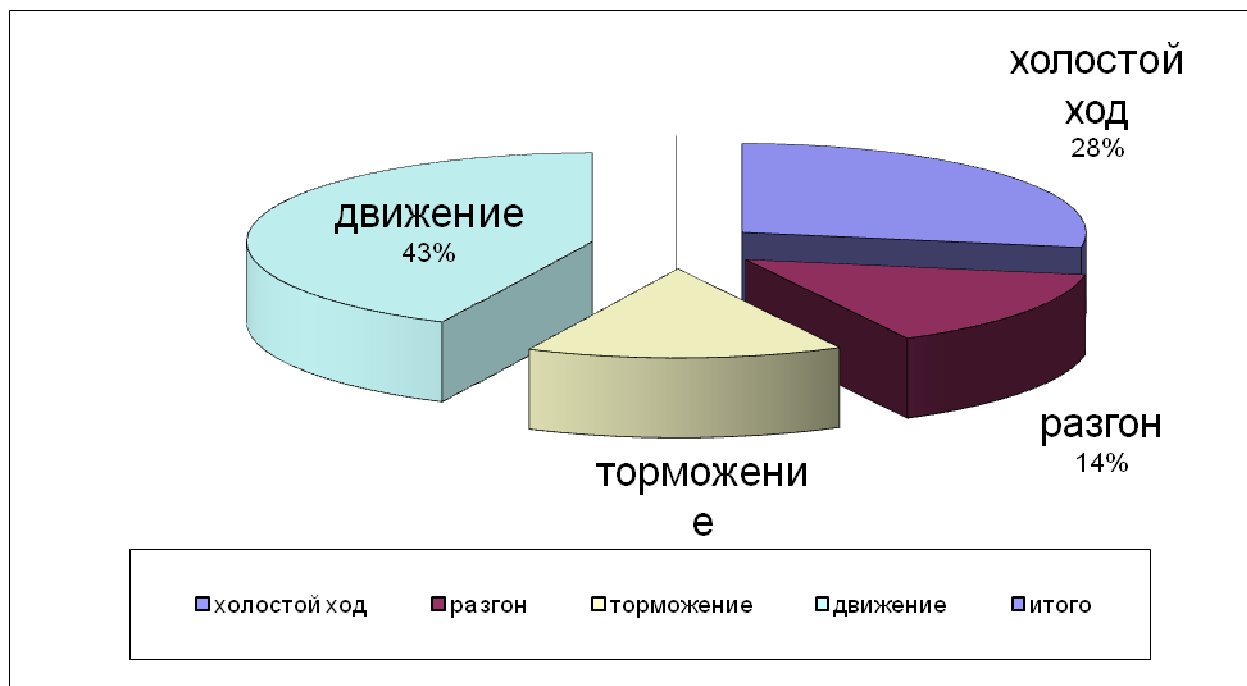
В городе Волжском был проведен анализ городского цикла для определения целесообразности применения гибридных силовых установок на автобусах, обслуживающих маршруты города Волжского.

Суть исследования заключалась в том, чтобы собрать данные по изменению скорости автобуса на протяжении всего маршрута, количество торможений и разгонов.

Исследования проводились на девяти городских маршрутах. Среди 42-х городских маршрутов были выбраны 9 наиболее «загруженных»: 1, 2, 7, 8, 12, 14, 24, 27, 30.

Так как прямое и обратное направление движения автобусов по маршруту одинаковое, то исследование проводилось при движении автобуса только в одном направлении.

«Волжанин Ситиритм 12» - низкопольный автобус нового поколения с кузовом из алюминиевого сплава. Соответствует самым современным стандартам в области экологичности, безопасности и комфорта. Такие автобусы обслуживают большую часть маршрутов города Волжского. Для предварительной оценки эффективности применения подобных систем в г. Волжском были проведены экспериментальные исследования городских циклов автобусов. С оценкой частоты и интенсивности разгона и торможения городского автобуса передвигающегося по ежедневному городскому маршруту. В результате эксперимента были получены данные по частоте и интенсивности торможений на различных маршрутах. Имея которые не трудно определить начальную скорость и время торможения автобуса на остановках, перекрестках, пешеходных переходах и т. д. В результате зная массу автобуса можно определить энергию, перерабатываемую в тепло при торможении. Ниже приведены результаты анализа городского цикла автобуса.



Анализ городского цикла показывает, что резервы по сокращению затрат топлива для автобусов работающих в режиме городского цикла далеко не исчерпаны. А применение систем накапливающих энергию торможения и использующую ее для разгона значительно повысят эффективность городских перевозок.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ СИЛЫ ШЛИФОВАНИЯ МЕТОДОМ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В. А. Носенко, С. В. Орлов, А. А. Крутикова

Технологический процесс шлифования колец является одной из составных частей технологического процесса изготовления колец и занимает в нем наиглавнейшее место, так как здесь осуществляют конечную обработку, которая должна обеспечить необходимые параметры по точности и качеству поверхности. При шлифовании торцов нежестких колец подшипников (диаметром более 250 мм) очень трудно добиться необходимой плоскостности из-за возникающих упругих деформаций. Следовательно, чтобы получить заданный допуск отклонения от плоскостности необходи-



мо обеспечить такой процесс, при котором упругие деформации не превышали бы нужного нам допуска. Объектом исследования будет радиальная составляющая силы шлифования  $P_y$ , так как она оказывает наибольшее влияние на возникновение упругих деформаций в вертикальном направлении.

Учитывая большое количество факторов, влияющих на силу  $P_y$ , целесообразно применить метод многофакторного планирования эксперимента. Одним из наиболее распространённых методов является полный факторный эксперимент.

Для исследования проблем, связанных с получением требуемой точности при шлифовании торцов колец в нашем институте проводились опыты, при которых рассматривался процесс шлифования сегмента кольца, в качестве которого использовали образец размером  $100 \times 10$  мм.

Для процесса шлифования было выделено пять основных факторов: зернистость и твердость круга, глубина резания, скорость подачи и объем удаляемого материала. Параметры кругов: зернистость -  $F46$  и  $F60$ , твердость –  $K$  и  $L$ . Параметры шлифования: глубина резания – 10 мкм/ход и 20 мкм/ход, скорость подачи – 10 м/мин и 20 м/мин и объем снимаемого материала –  $100 \text{ мм}^2$  и  $400 \text{ мм}^2$ . Была собрана опытная установка на базе плоскошлифовального станка 3Г71, включающая в себя непосредственно сам станок с установленным на нем датчиком (динамометр УДМ–100), аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), усилитель мощности сигнала и персональный компьютер. Измерение радиальной составляющей силы  $P_y$  шлифования производили с помощью данной установки.

Для исследования влияния факторов на силу резания  $P_y$  в процессе плоского шлифования было проведено тридцать два опыта, каждый из которых проводили два раза. Также в рассмотрение были взяты все факторы взаимодействия. Математическое описание процесса в виде уравнения будет иметь следующий вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_{31}x_{31}$$

Его называют уравнением регрессии, а входящие в него коэффициенты — коэффициентами регрессии. Переменными в данном уравнении являются не только основные факторы, но и факторы взаимодействия.

Следует отметить, что коэффициенты искомого уравнения определяются на основе экспериментальных данных и, следовательно, несут на себе отпечаток погрешностей эксперимента.

Для составления матрицы планирования эксперимента переходим в безразмерную систему, то есть, принимаем верхний уровень факторов равным +1, нижний уровень -1. Определяем среднее значение и дисперсию силы  $P_y$  по параллельным опытам. Проверка однородности выборочных дисперсий по критерию Кохрена показала, что дисперсии однородны, следовательно, в качестве уточненной оценки дисперсии воспроизводимости можно взять среднюю дисперсию:  $S_{\text{воспр}} = 2,88 \text{ Н}^2$ .

После определения коэффициентов регрессии необходимо проверить гипотезу об их значимости. Проверка гипотезы проводится с помощью  $t$  – критерия Стьюдента. В данном случае двадцать пять из тридцати двух коэффициентов можно считать значимыми.

Проверка адекватности проводится с помощью  $F$  – критерия Фишера. При доверительной вероятности  $p = 0,95$  модель можно считать адекватной. Окончательный вид уравнения регрессии:

$$\begin{aligned} y = & 25,7 - 5,71 \cdot x_1 + 3,18 \cdot x_2 - 1,11 \cdot x_3 + 1,09 \cdot x_4 + 1,32 \cdot x_5 + 2,27 \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ & + 2,1 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,56 \cdot x_1 \cdot x_4 + 2,34 \cdot x_1 \cdot x_5 + 1,56 \cdot x_2 \cdot x_5 - 0,48 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,75 \cdot x_3 \cdot x_5 + \\ & + 0,57 \cdot x_4 \cdot x_5 - 2,09 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + 2,96 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,49 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 1,03 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_5 - \\ & - 0,67 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_5 + 2,02 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 - 2,28 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_5 + 0,79 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 + \\ & + 0,55 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 \cdot x_5 + 0,89 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_5 - 1,03 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_5. \end{aligned}$$

Коэффициенты при переменных указывают на силу влияния факторов. В данном случае наибольшее влияние из основных факторов оказывают глубина резания, зернистость и твердость круга. С увеличением зернистости и уменьшением твердости сила  $P_y$  уменьшается, с увеличением глубины резания сила  $P_y$  уменьшится. То есть при плоском шлифовании нежестких колец подшипников с меньшей глубиной резания следует выбирать круги более мягкие с большей зернистостью. Из факторов взаимодействия наибольшее влияние оказывают фактор двойного (зернистость  $\times$  объем снимаемого материала) и фактор тройного (зернистость  $\times$  глубина резания  $\times$  скорость подачи) взаимодействия. При уменьшении обоих факторов взаимодействия сила  $P_y$  уменьшится.

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НАРАБОТКИ, РЕЖУЩЕЙ И МГНОВЕННОЙ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТЕЙ ПРИ ОТРЕЗКЕ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК**

В.А. Носенко, А.В. Крупнова, К. Л. Рябова

Наработка и режущая способность относятся к числу показателей надежности режущего инструмента, определяющих полезный эффект от использования по назначению. Наработка и режущая способность характеризуют безотказность, поскольку определяют свойство режущего инструмента непрерывно сохранять установленные значения всех параметров, характеризующих его работоспособное состояние, требований и характеристик обработки, выполняемой этим инструментом в течение определенного времени эксплуатации [1].

Рассмотрим процесс отрезки трубы ленточной пилой. Представим сечение трубы в виде двух окружностей с наружным радиусом  $R$  и внутренним  $r$ . Зададим систему координат  $XOY$  так, чтобы центр данных окружностей лежал в начале координат, а режущая кромка полотна пилы

была параллельна оси  $OX$  и перемещалась в процессе резания вертикально по оси  $OY$  с постоянной скоростью подачи  $v_s$ . (рис.)

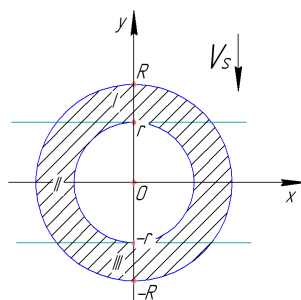


Схема отрезки трубной заготовки

Так как труба в процессе резания на промежутке:  $[-R; R]$  имеет разное сечение, то рациональнее будет разбить данную область на 3 интервала:

$$\text{I интервал: } 0 \leq \tau \leq \frac{R-r}{v_s}; \quad \text{II интервал: } \frac{R-r}{v_s} < \tau < \frac{R+r}{v_s}; \quad \text{III интервал:}$$

$$\frac{R+r}{v_s} \leq \tau \leq \frac{2R}{v_s}.$$

Необходимо найти контролируемые параметры: наработка  $S$ , режущая способность  $Q$  и мгновенная режущая способность  $q$ .

Наработка характеризуется объемом работы режущего инструмент за некоторый интервал времени и выражается объемом или массой снятого материала. [2] В данных исследованиях будут предложены математические модели наработки к конкретному материалу, поэтому рассматривается объемная наработка. Чтобы исключить влияние толщины ленточнопильного полотна пилы, будем рассматривать приведенную наработку, которая представляет собой площадь поперечного сечения объема удаляемого материала, обозначим её  $S$  ( $\text{мм}^2$ ). Найдем значения наработки для каждого из заданных интервалов, обозначив их соответственно:

$S_1$  – для I интервала;  $S_2$  – для II интервала;  $S_3$  – для III интервала.

На I интервале:  $0 \leq \tau \leq \frac{R-r}{v_S}$  при резании трубы выражение для опре-

деления наработки будет иметь следующий вид:

$$S_1 = S = \frac{\pi R^2}{2} - (R - v_S \tau) \sqrt{R^2 - (R - v_S \tau)^2} - R^2 \arcsin \frac{R - v_S \tau}{R}.$$

На II интервале:  $\frac{R-r}{v_S} < \tau < \frac{R+r}{v_S}$  сечение будет представлять собой

разность двух площадей: наружной поверхности радиуса  $R$  и отверстия радиуса  $r$ :

$$S_2 = \frac{\pi R^2}{2} - (R - v_S \tau) \sqrt{R^2 - (R - v_S \tau)^2} - R^2 \arcsin \frac{R - v_S \tau}{R} - \frac{\pi r^2}{2} + \left( r - v_S \left( \tau - \frac{R-r}{v_S} \right) \right) \sqrt{r^2 - \left( r - v_S \left( \tau - \frac{R-r}{v_S} \right) \right)^2} + r^2 \arcsin \frac{r - v_S \left( \tau - \frac{R-r}{v_S} \right)}{r}.$$

На III интервале:  $\frac{R+r}{v_S} \leq \tau \leq \frac{2R}{v_S}$  площадь ограниченной области будет

также представлять собой разность двух площадей: площади наружной поверхности радиуса  $R$ , равной площади на I интервале в определенный момент времени и площади отверстия, равной  $\pi r^2$ .

Таким образом, выражение для наработки будет иметь следующий вид:

$$S_3 = \frac{\pi R^2}{2} - (R - v_S \tau) \sqrt{R^2 - (R - v_S \tau)^2} - R^2 \arcsin \frac{R - v_S \tau}{R} - \pi r^2.$$

Режущая способность  $Q$  ( $\text{мм}^2/\text{с}$ ) – это отношение наработки  $S$  к времени резания  $\tau$ .

$$Q_i = S_i / \tau, \quad (1)$$

где  $I$  – номер заданного интервала.

Мгновенная режущая способность  $q$ , представляющей собой производную от наработки по времени:

$$q = dS/d\tau. \quad (2)$$

Согласно формуле (2) определим мгновенную режущую способность пилы в процессе отрезания трубной заготовки.

$$\text{На I интервале: } 0 \leq \tau \leq \frac{R-r}{v_s}; \quad q_1 = q = 2v_s \sqrt{v_s \tau (2R - v_s \tau)}.$$

$$\text{На II интервале: } \frac{R-r}{v_s} < \tau < \frac{R+r}{v_s}; \quad q_2 = 2v_s \sqrt{v_s \tau (2R - v_s \tau)} - 2v_s \sqrt{(v_s \tau - R + r)(2r - v_s \tau + R - r)}.$$

$$\text{На III интервале: } \frac{R+r}{v_s} \leq \tau \leq \frac{2R}{v_s}; \quad q_3 = 2v_s \sqrt{v_s \tau (2R - v_s \tau)}.$$

На наработку, режущую и мгновенную режущую способности оказывает влияние ряд факторов:

1 Скорость подачи  $v_s$ .

Для исследования влияния скорости подачи на данные показатели надежности применялись различные значения  $v_s$ , находящиеся в интервале [0,4; 1,25]. С ростом скорости подачи  $v_s$  время резания  $\tau$  уменьшается, а наработка остается неизменной.

В свою очередь, режущая и мгновенная режущая способности возрастают, а максимальные значения  $q$  приходятся на максимальный объем снимаемого материала, которые располагаются по сечению трубной заготовки на стыке I и II, II и III интервалов (рис.).

2 Толщина стенки трубной заготовки.

С ростом толщины стенки время резания  $\tau$  остается неизменным, а наработка возрастает, в свою очередь режущая и мгновенная режущая способности возрастают.

3 Отношение наружного диаметра трубной заготовки к внутреннему диаметру.

Для исследования влияния отношения наружного диаметра к внутреннему диаметру применялись трубные заготовки, у которых данное отношение было одинаковым. С ростом наружного и внутреннего диаметра

трубной заготовки время резания  $\tau$  увеличивается, наработка возрастает, в свою очередь режущая и мгновенная режущая способности возрастают.

Таким образом, были разработаны и исследованы математические модели наработки, режущей и мгновенной режущей способностей при отрезке трубных заготовок, которые в дальнейшем применимы для расчета труб разного размера.

#### **Список литературы:**

- 1 Веселовский С.И. Разрезка материалов. – М.: Машиностроение, 1973. – 360 с.
- 2 ГОСТ 25751-83 Инструменты режущие: термины и определения общих понятий

Сахаров Г.Н. Металлорежущие инструменты. – М.: Машиностроение

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА РЕЖИМЫ ШЛИФОВАНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ КОЛЕЦ**

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

При шлифовании подшипниковых колец необходимо учитывать упругие деформации. Погрешности формы кольцевых деталей от упругой деформации во многих случаях значительно превышают погрешности, вызванные биением шпинделей, неточностью установки и другими факторами. Опыт изготовления прецизионных подшипников и подшипников малой жесткости показывают, что современная технология шлифовальной обработки не может разрабатываться без учета жесткости деталей и возможной деформации в процессе обработки.

Деформация кольца в осевом направлении приводит к нарушению плоскостности торцов, в радиальном – к некруглости. Осевые деформации наиболее характерны для колец упорных подшипников, так как жесткость в осевом направлении значительно меньше жесткости колец в радиальном

направлении; для колец радиальных подшипников, наоборот, характерны радиальные деформации.

При шлифовании внутренней поверхности подшипниковых колец закреплённых в цанговых зажимных устройствах и патронах (рис. 1 *a*), усилия зажима  $P_1$  и резания  $P_2$  вызывают радиальные упругие деформации

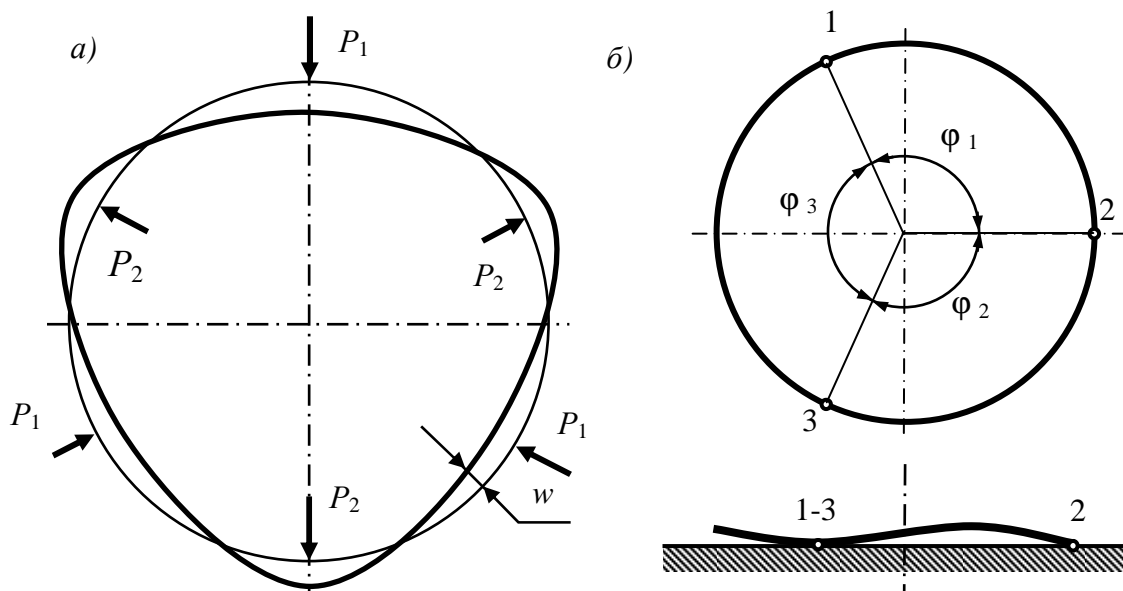


Рисунок 1 - Схемы деформаций колец. *a* – при шлифовании внутренней поверхности в трёхкулачковом цанговом зажимном устройстве; *б* – после термообработки с трехточечным контактом торцов кольца с поверхностью стола

колец. Внутренняя поверхность кольца обрабатывается в деформированном состоянии, и после снятия усилий зажима приобретает некруглость, величина которой определяется упругой деформацией кольца. Величины допустимых усилий зажима и резания определяются из ограничения радиальных перемещений  $w$  по допускам на некруглость внутренней поверхности подшипниковых колец.

Цель исследований заключалась в получении расчётных формул для определения радиальных перемещений от усилий зажима и резания, а также допустимых величин этих усилий.

Подшипниковые кольца после термообработки приобретают неплоскостность и изогнутость торцовых поверхностей под действием остаточ-



ных температурных напряжений (рис. 1 б). При термообработке в штампах изогнутость может быть систематической, кратной числу упоров, или неопределенной при закалке и отпуске с вращением кольца в свободном состоянии или с укладкой на один из торцов. После термообработки для обеспечения заданных геометрических параметров торцовые поверхности подвергают шлифованию. Наличие изогнутости торцовой поверхности существенно усложняет процесс шлифования, поскольку под действием магнитного поля стола станка кольца получают дополнительную деформацию. Отшлифованные кольца сохраняют заданную форму торцовой поверхности под действием магнитного поля, после прекращения действия которого, неплоскостность существенно возрастает.

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 и 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 нежестких колец, обеспечивающего высокую производительность при заданных требованиях к неплоскостности обработанной поверхности. Способ заключается в ограничении осевых перемещений колец при шлифовании первого торца [8].

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: исследована неплоскостность торцовых поверхностей заготовок нежестких колец перед операцией шлифования; разработана математическая модель осевых перемещений кольца под действие магнитного поля стола станка и вертикальной составляющей силы шлифования.

Анализ формы торцовой поверхности нежестких колец после термообработки сделан на примере наружных колец конического однорядного

роликотподшипника из стали ШХ15. Исследования проведены на трехкоординатной измерительной машине Millenium. При первоначальном трехточечном касании поверхностей стола и торца кольца среднее значение углов между точками касания с вероятностью 0,95 составляет  $120^\circ \pm 16^\circ$ . Исходя из этого, в расчетной схеме принято, что кольцо касается стола в трех точках, 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.

Используя метод Мора, в полярной системе координат [2] получено максимальное осевое перемещение (прогиб):

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

(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 получены для кольца конического роликового подшипника размерами  $D = 375$  мм,  $C = 18$  мм;  $D_1 = 357,47$  мм;  $D_2 = 367,1$  мм;  $\beta = 15^\circ$ .

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>;  $\alpha = -19,2^\circ$ ;  $I_k = 1762$  мм<sup>4</sup>;  $\eta_y = 0,18$ ;  $\eta_{zy} = 0,143$ ;  $\eta_k = 0,63$ . Максимальное осевое перемещение находим по формуле (1):

$$w = 0,00381P + 0,20956q. \quad (2)$$

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].

Максимальные радиальные перемещения от усилий зажима кольца закреплённого в трёхкулачковом цанговом зажимном устройстве (рис. 1а).

$$w = \frac{0,01588Pr^3 I_{zc}}{EI_z I_y}.$$

Для исследуемого наружного кольца конического однорядного роликоподшипника с ука получена величина максимального радиальных перемещений от усилий зажима:

$$w = \frac{0,01588P \times 184,18^3 \times 2755}{2,1 \times 10^5 \times 2840 \times 410} = 0,00112P.$$

При вычислении силу подставляем в Н, а прогиб получим в мм.

Максимальные радиальные перемещения от усилий резания при шлифовании внутренней поверхности кольца закреплённого в трёхкулачковом цанговом зажимном устройстве будут равны:

$$w = 0,1932 \frac{Pr^3 I_{zc}}{EI_z I_y}.$$

Для исследуемого наружного кольца конического однорядного роликоподшипника с ука получена величина максимального радиальных перемещений от усилий резания:

$$w = \frac{0,1932 \times 184,18^3 \times 2755}{2,1 \times 10^5 \times 2840 \times 410} P = 0,0136P.$$

Полученные выражения позволяют по допуску на некруглость определять величины допускаемых усилий резания и шлифования.

#### Литература

1. Коротков Б. И., Коротков С. Б., Тышкевич В. Н., Орлов С. В. Исследование процессов шлифования внутренних и наружных конусов деталей класса колец: Монография/ 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. : ил

## **СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В САЛОНЕ АВТОМОБИЛЯ, РАБОТАЮЩАЯ ОТ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

А.В. Попов

Одной из важнейших задач в области автомобилестроения является снижение энергозатрат и улучшение экологических характеристик транспорта. В этой связи мировые производители автомобильного транспорта всё больше уделяют внимание вопросу расхода топлива и количества вредных выбросов. Решение последней задачи осуществляется посредством снижения вредных примесей в топливе, улучшения показателей

ДВС за счёт совершенствования процесса сгорания в цилиндре, уменьшения рабочего объёма с сохранением мощности двигателя. Также эффективным решением проблем экологичности транспорта в условиях города является создание маломощных одно - двухместных автомобилей.

Одним из вариантов снижения энергозатрат является включение в энергосистему автомобиля дополнительных альтернативных источников энергии. Причём, может быть задействована электрическая энергия, получаемая различными способами, а именно: топливные элементы на водороде (вырабатывающие электроэнергию непосредственно на борту автомобиля); дополнительные аккумуляторы, заряжаемые от внешней сети; энергия солнца, энергия рекуперации при торможении. Современный уровень развития технологий пока не дал адекватного решения по оптимальному использованию водорода на транспорте, причём основное затруднение заключается в энергоэффективности и экологичности его выработки и сложности хранения. Использование дополнительных аккумуляторных батарей, заряжаемых от внешней сети, является также малоэффективным, т.к. стоимость таких батарей высока, а ёмкость мала.

Электромобили, заряжаемые от внешней сети, имеют на сегодняшний день существенные недостатки: громоздкие аккумуляторы, малый запас хода (50-100 км), долгая подзарядка (8-12 ч). Данные автомобили не получили массового распространения и используются в основном в аэропортах, гольф-клубах, крупных гостиничных комплексах.

На сегодняшний день современная наука очень активно занимается поисками и совершенствованием альтернативных способов производства электроэнергии. В этой связи КПД современных солнечных батарей увеличился в несколько раз, и использовать её на борту автомобиля стало энергоэффективным решением.

Создание автомобилей, полностью работающих от солнечных батарей, на данный момент весьма затруднено. Большинство современных моделей солнцемобилей производятся в единичных экземплярах и имеют

крайне малую грузоподъёмность и очень высокую стоимость, однако включение солнечных батарей в электросистему современного автомобиля является оптимальным решением, так как масса солнечной батареи на крыше около 15-20 кг и стоимость незначительна.

В условиях высоких температур в летний период использование кондиционера в автомобиле становится всё более массовым. Однако для работы кондиционера тратится значительное количество мощности ДВС, существенно возрастает потребление топлива. Как следствие – увеличение токсичных выбросов.

Автономная система кондиционирования воздуха с питанием от солнечных батарей избавит ДВС от лишней нагрузки и приведёт к снижению расхода топлива.

Смонтированная солнечная батарея площадью около 2-х м<sup>2</sup> позволит получать электричество, которое приведёт в действие компрессор, перегоняющий хладагент по системе и вентиляторы. Установленный перед испарителем электрический вентилятор создаёт поток холодного воздуха, подающийся в салон автомобиля. В период, когда система кондиционирования не используется, получаемое от солнечной батареи электричество направляется на зарядку аккумулятора. От этого аккумулятора и получает питание вентилятор, установленный перед испарителем, вентиляторы для нагнетания и откачивания воздуха из салона и компрессор.

Данная система работает следующим образом: солнечная энергия, попадая на солнечную батарею 6, преобразуется в электроэнергию, заряжающую аккумулятор 5, от которого получают питание компрессор 4 и вентиляторы 10, 2, 8. При достижении разницы температур внутри салона и снаружи в 10°С (температура внутри больше) электронный блок управления подаёт сигнал на включение вентиляторов 10 и 8, в результате работы которых горячий воздух в салоне замещается на более прохладный с улицы. При достижении разности температур в 1°С ЭБУ подаёт сигнал на включение компрессора 4 и вентилятора 2 и выключает вентилятор 8.

Компрессор сжимает газообразный фреон, отчего тот сильно нагревается, и перемещает его по трубопроводу в конденсатор 3. В этом конденсаторе сильно нагретый и сжатый фреон при помощи вентилятора 2 охлаждается и конденсируется. Из радиатора 3 фреон выходит уже жидким, после чего проходит через ресивер-осушитель 12, где от него отфильтровываются продукты износа компрессора и прочая грязь. Далее фреон проходит через терморегуляционный вентиль 12 и, переходя в испаритель 1, переходит в газообразное состояние (кипит) и при этом сильно охлаждается, Ледяной фреон охлаждает испаритель, а вентилятор 10 перекачивает воздух через него в салон автомобиля. Пройдя через испаритель 1, фреон снова попадает в компрессор, охлаждая его. Таким образом, в салоне автомобиля создаётся комфортная температура.

Ещё одним преимуществом данной системы можно признать её безопасную дистанционную работу без участия водителя.

К недостаткам можно отнести малую эффективность при небольшом солнечном потоке, однако в этом случае и нагрев салона от солнечной энергии будет тоже незначительным. Схема приведена на рисунке .

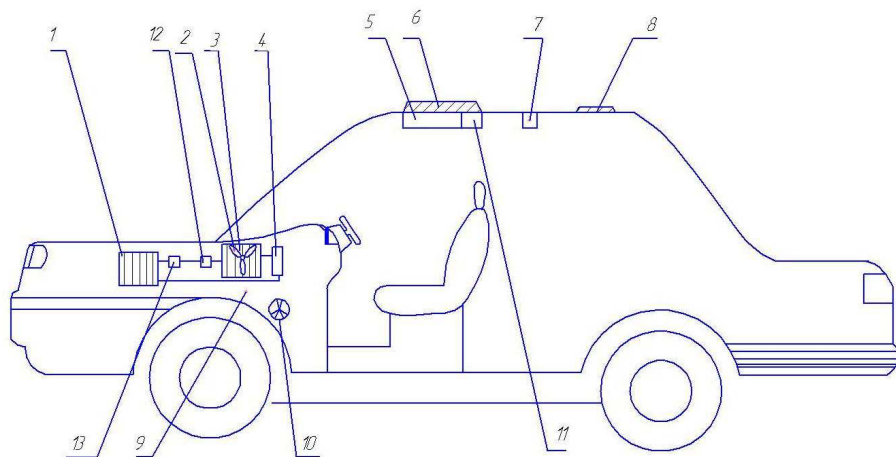


Схема работы системы

1 – испаритель, 2, 8, 10 – вентиляторы, 3 – конденсатор, 4 – компрессор, 5 – аккумуляторная батарея, 6 – солнечная батарея, 7 – датчик температуры воздуха внутри салона, 9 – датчик температуры наружного воздуха, 11 – электронный блок управления, 12 – ресивер- осушитель, 13 -терморегуляционный вентиль.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК

Е.Н. Осадченко, В.А. Санинский

Современная технология производства горячедеформированных бесшовных труб в России включает следующие общие элементы: нагрев металла, получение полой заготовки (гильзы), получение черновой трубы (раскатка гильзы), окончательное формирование стенки и диаметра трубы (редуцирование или калибровка).

Существующие технологические процессы изготовления трубных заготовок были спроектированы итальянскими специалистами 40-50 лет назад и принципиальных изменений за это время не претерпевали. Они характеризуются пониженным качеством наружной и внутренней поверхностей, каждая из которых имеют закаты, трещины, обезуглероженный слой, и другие дефекты металлургического производства.

Организация поставок уже предварительно механически обработанных до размеров чистовой обработки по наружной и внутренней поверхности труб, позволит металлургам убедиться, что под припуском нет раковин, на поверхности волосовин, поверхностных трещин и других дефектов трубного производства. Обработанную механически поверхность проще контролировать. При этом стружка (легированная, т. е. дорогая) остается у металлургов и сразу идет в переплавку.

Однако УНЛ имеет недостаток – охлаждение в медных кристаллизаторах сопровождается большими скоростями охлаждения и в результате дает осевую ликвацию [1]. При прошивке трубы осевая ликвация распределяется в кольцевой зоне, прилегающей к поверхности отверстия и если ее не удалить полностью, то остаточные ликвационные пятна при последующей механической обработке будет трудно удалить, ведь припуски на мехобработку малы (рис.). Уменьшить осевую ликвацию можно электрошлаковым переплавом, однако это существенно повысит стоимость труб-



ных заготовок. Дешевле механически снять припуски в отверстиях полученной из слитка трубы. И ВТЗ имело ранее специальные расточные станки для глубокой расточки труб. Однако, и теперь возможно возрождение прежних технологий, например, с помощью предлагаемой совмещенной механической обработки [2].

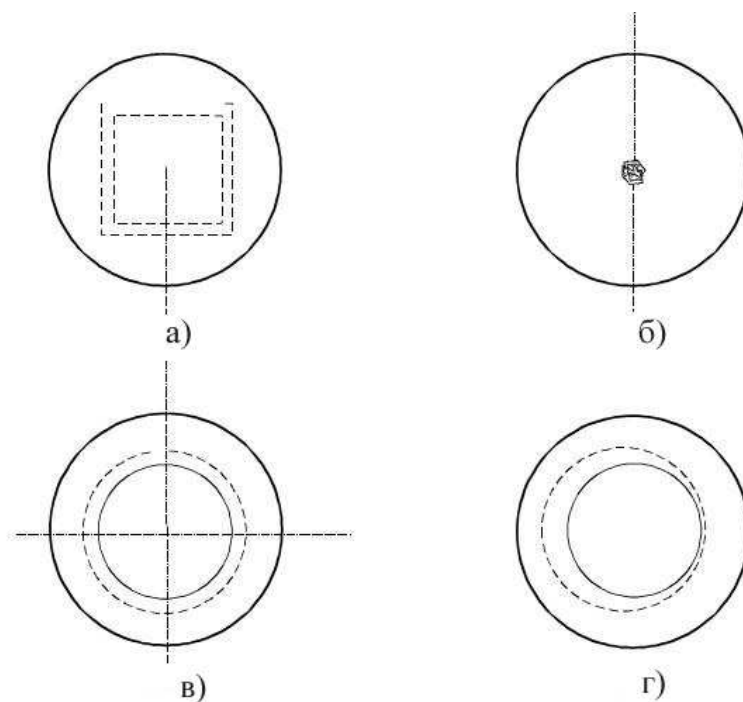


Схема поперечного расположения неметаллических включений:

а) схема расположения ликвационного квадрата при охлаждении в квадратной изложнице; б) осевая ликвация при охлаждении на УНЛ; в) схема равномерного расположения ликвационных пятен после прошивания трубной заготовки полученной на установке непрерывного литья; г) смещение включений после прошивания заготовки с УНЛ

Применение растачивания, совмещенного с дорнованием, создает возможности устранения ликвации несплошностей в центральной части и на поверхности заготовки, что может обеспечить получение более качественных труб.

ППД дает новое качество, которое действующие технологические процессы ВТЗ не предусматривают.

К основным преимуществам этого способа относится значительное сокращение расхода металла за счет снижения припусков на последующую механическую обработку благодаря исправлению исходной погрешности

формы отверстия при проходе первых деформирующих элементов, а также осуществление черновой и чистовой обработки за один рабочий ход инструмента на одной операции.

В результате упрочнения поверхностных слоев металла создается субструктура, способная выдержать значительные статические и циклически повторяющиеся нагрузки и весьма чувствительная к напряжениям сдвига, благодаря чему процесс резания будет осуществляться со значительно меньшими усилиями.

#### Литература:

1. Санинский, В.А. Методология прогнозирования границ ликвидационного квадрата в заготовках деталей машин: монография/ А. В. Санинский. – Волгоград. гос.тех. ун-т. – Волгоград, 2005. – 122 с.

2. Санинский В.А. Совмещенная обработка глубоких отверстий. Передовой производительный опыт и научно-технические достижения, рекомендуемые для внедрения в отрасли: монография/ А. В. Санинский. – Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2004. – 176 с.

## **ЛИМИТНАЯ ЦЕНА СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ**

В.А. Санинский, Я.Ю. Лачкова

Внедрение на операциях окончательной обработки отверстий Ø165Н6 (160Н6) под вкладыши коленчатого вала универсального горизонтально-расточного станка W-100 специальным станком ОБ- 1386 позволяет снизить трудоемкость обработки блоков дизелей бЧН 21/21 и картеров бДМ21А и повысить качество обработки.

Расчет экономического эффекта выполнен в соответствии с методикой «Определение экономического эффекта от производства и использования новых специальных станков и автоматических линий».

Таблица 1 – Исходные данные

Номер п.п.	Показатели	Единицы измерения	До внедрения	После внедрения
1	Годовая программа деталей блок-картера по дизелю 6НЧ 21/21 дет. № 0210.04.001	шт.	545	545
	по картеру дизеля 6ДМ-21А дет. № 0390.04.001	шт.	145	145
	в том числе:			
	по дизелю 6ЧН 21/21			
	программа	шт.	510	510
	з/части	шт.	25	25
	ремонт	шт.	10	10
2	по дизелю 6ДМ-21А			
	программа	шт.	125	125
	з/части	шт.	10	10
3	ремонт	шт.	10	10
4	Трудоемкость обработки единицы изделия по дизелям:			
	- 6ЧН 21/21	н/час	8,2	0,9
	- 6ДМ-21А	н/час	20,0	2,2
5	Разряд рабочих	-	6	6
6	Отраслевой нормативный коэффициент экономической эффективности	-	0,15	0,15
7	Действительный годовой фонд времени работы оборудования	час	4015	4015
8	Коэффициент выполнения норм	час	1,17	1,17
9	Производственная площадь на единицу оборудования	кв.м	21,07	9
10	Оборудование:			
	а) наименование по дизелю 6ЧН 21/21 и 6ДМ21А		W-100	ОБ1386
	б) количество		W-100	ОБ2036
	- 6ЧН 21/21и 6ДМ21А	шт.	2	1
	- ДМ21А	шт.	2	1
	в) стоимость единицы со спецоснасткой 6ЧН 21/21 и 6ДМ21А	руб	38367	28584
11	Установленная мощность электродвигателей оборудования	кВт	10	6
12	Цена 1 кВт электроэнергии	руб	0,0092	0,0092
13	Стоимость единицы приспособления	руб	2000	1663
14	Количество приспособлений на один станок	шт	1	-
15	Процент начисления в фонд социального	%	14	14

	страхования			
14	Процент, учитывающий дополнительную зарплату и премию	%	40	40
15	Годовой фонд рабочего времени одного рабочего	час	1810	1810

Годовой экономический эффект рассчитывается по формуле:

$$\Delta = (C_1 + E_H \cdot K_1) - (C_2 + E_H \cdot K_2) \quad (1)$$

где  $C_1, C_2$  – сводные текущие затраты, руб;

$E_H$  – отраслевой нормативный коэффициент экономической эффективности;

$K_1, K_2$  – капитальные затраты соответственно до и после внедрения, руб;

$$\Delta = (46069,42 + 0,15 \cdot 166952,8) - (6061,14 + 0,15 \cdot 32127) = 71112,34 - 10880,19 = 60232,15 \text{ (руб)}$$

Условное высвобождение численности:

$$P_{\text{ст}} = \frac{(T_1 - T_2)}{\Phi_p \cdot K_{\text{п}}} \quad (2)$$

где  $T_1 = 7369$  – трудоемкость на годовую программу до внедрения;

$T_2 = 809,5$  – трудоемкость на годовую программу после внедрения;

$\Phi_p = 1810$  – действительный годовой фонд времени станочника;

$K_{\text{п}} = 1,17$  – дополнительная з/плата (40 %) и премия, руб.

$$P_{\text{ст}} = \frac{7369 - 809,5}{1810 \cdot 1,17} = \frac{6559,5}{2117,7} = 3,1 \text{ (чел.)}$$

Примечание: расчет выполнен в ценах 1990 года.

## **ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ НА БАЗЕ ОАО «ВПЗ» С ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАЦИИ ДВУСТОРОННЕГО ШЛИФОВАНИЯ ТОРЦОВ КОЛЕЦ КОНИЧЕ- СКИХ ПОДШИПНИКОВ**

В.А. Носенко, А.В. Морозов\*, А.Э.Сафронов\*  
ВПИ (филиал) ВолгГТУ, ОАО ВПЗ\*

ОАО «Волжский подшипниковый завод» является ведущим российским производителем подшипников, поставляемых и на зарубежный рынок.

В настоящий момент на ОАО «Волжский подшипниковый завод» проблемной позицией является использование шлифовальных кругов на бакелитовой связке  $36.750 \times 70 \times 25$  на операции чистового шлифования базового торца колец конических подшипников. Она является очень важной, так как используется для обработки базовой поверхности колец, влияющая на качество готовых деталей.

Требования, предъявляемые потребителями к качеству подшипников, постоянно ужесточаются, заключены контракты на поставку подшипников фирмам Daimler-AG, BPW, ZF и др.

Для постоянного повышения качества выпускаемой продукции, на ОАО «Волжский подшипниковый завод» действует программа «Поиск лучшего поставщика абразивных кругов  $36.750 \times 70 \times 25$ », включающая в себя тестовые испытания абразивного инструмента как отечественных, так и ведущих зарубежных производителей.

Условия шлифования абразивными кругами  $36.750 \times 70 \times 25$ :

1) оборудование: 2-х сторонний торцешлифовальный автомат модели 3344АЕО, на который установлены два круга – базовый (левый) и противобазовый (правый);

2) диаметр обрабатываемых колец:  $110 \div 200$  мм, торец с большой площадью шлифования (широкий) является базовым, торец с меньшей (узкий) – противобазовым;

3) в качестве СОЖ применяется содовый раствор (кальцинированная сода 0,3%, нитрит натрия 0,2%, остальное вода), подаваемый методом свободного полива с расходом 10-12 л/мин;

4) общий припуск на оба торца:  $0,4 \div 0,6$  мм, при этом съём с базового торца должен быть в пределах  $0,15 \div 0,2$  мм;

5) соотношение площадей базового торца к противобазовому:  $2 \div 5$  раз;

6) число оборотов базового круга: 710 об/мин, число оборотов противобазового круга регулируется в интервале  $100 \div 710$  об/мин.

Технические требования к процессу двустороннего торцешлифования кругами  $36.750 \times 70 \times 25$ : обеспечение неплоскостности не более 0,004 мм; обеспечение гарантированного съема припуска (тш) с базового торца 0,15 мм; период правки (Тпр) не менее 2000 колец; ресурс круга 30000 колец; твердость круга по высоте должна быть равномерной и обеспечивать режущие свойства до износа круга; обеспечение шероховатости торцов колец не более Ra 1,25.

В рамках программы «Поиск лучшего поставщика абразивных кругов  $36.750 \times 70 \times 25$ », с марта 2004г. по июнь 2010г. проведены испытания продукции следующих поставщиков шлифовального инструмента:

ОАО «Волжский абразивный завод» (г.Волжский, Россия) (поз.1-9).

ОАО «Златоустовский абразивный завод» (г.Златоуст, Россия) (поз.10-16)

ЗАО «Резолит» (г.Челябинск, Россия) (поз.17-18).

CUMI International Ltd, Murugappa Group (Индия) (поз.19-20).

TYROLIT Group (Австрия) (поз.21-23).

Saint-Gobain (Франция) (поз.24).

Atlantic (Германия) (поз.25).

Непосредственно перед испытаниями определялась твердость инструмента. Определение твердости проводилось пескоструйным методом согласно ГОСТ 52587-2006.

В зависимости от глубины лунки ( $h_a$ ) выявлялась фактическая твердость ( $h_f$ ) круга.

При проведении испытаний присутствовали представители всех иностранных производителей абразивных кругов, участвующих в программе «Поиск лучшего поставщика абразивных кругов 36.750×70×25».

В ходе испытаний были составлены акты, отражающие результаты применения шлифовальных кругов на операции чистового шлифования базового торца колец конических подшипников.

Характеристика абразивного инструмента в актах испытаний отражена маркировкой круга.

Это сделано для предотвращения разночтений при переводе в унифицированные обозначения.

На основании актов производственных испытаний была составлена таблица 1.

На основании проведенных испытаний можно сделать следующие выводы:

- 1) Круги редко соответствуют предъявляемым требованиям, отклонение рецептуры влечет значительные изменения основных параметров технологического процесса.
- 2) Как можно увидеть из таблицы 1, круги с одинаковой маркировкой (поз. 1-3 и 9-16) показывают различные результаты при использовании, поэтому необходим строгий контроль поступающей продукции на соответствие требованиям производства.

2) Круги, наиболее подходящие для выполнения операции чистового шлифования базового торца колец конических подшипников, были поставлены ОАО «Златоустский абразивный завод» (поз. 10-14), ЗАО «Резолит» (поз. 17-18), TYROLIT Group (поз. 23).

Таблица 1 – Результаты испытаний абразивного инструмента

№ поз.	Характерист. абразив.инстр.	Неплоск., мм	tш	Тпр	Ресурс круга	h <sub>a</sub>	h <sub>φ</sub>
1	25A F60 J 8 B	0,004	0,05-0,10	2000	81000,*	6,5	J
2	25A F60 J 8 B	0,015	0,015-0,020	500	*	6,5	J
3	25A F60 J 8 B	0,003	0,05-0,09	2000	18270	6,5	J
4	14A F60 K 8 B	0,005	0,05-0,07	2000	26090	5,6	K
5	25A F60 K 8 B	0,010	0,05-0,07	500	*	5,2	L-M
6	25A F60 I 6 B	0,004	0,05-0,08	2000	29247	6,5	J
7	25A F60 I 8 B	0,015	0,015-0,020	800	14496	6,5	J
8	25A F60 I 7 B	0,014	0,015-0,020	2000, затем 750	36755	6,5	J
9	25A F60 J 8 B	0,003-0,005	0,05-0,07	400	*	6,5	J
10	25A F60 J 8 B	0,004	0,05-0,10	2000	28000	6,5	J
11	25A F60 J 8 B	0,004	0,045-0,11	2100	27000	6,5	J
12	25A F60 J 8 B	0,005	0,04-0,09	1900	25000	6,5	J
13	25A F60 J 8 B	0,003	0,05-0,10	2100	30000	6,5	J
14	25A F60 J 8 B	0,002	0,06-0,11	2500	33000	6,5	J
15	25A F60 J 8 B	0,004	0,08	800-1000	28000	7,1	I
16	25A F60 J 8 B	0,004	0,045-0,11	600-800	27000	7,1	I
17	25A F60 J 7 B	0,005	0,06-0,10	2000	26617	9,5	H
18	25A F60 J 7 B	0,005	0,06-0,10	2000	26617	9,5	H
19	99A/96A 40 J 7 B	0,018	0,10-0,20	Появление видимых прижогов, *		2,3-2,4	R
20	99A F60 J 7 B 35	0,016	0,09-0,15	Появление видимых прижогов, *		2,8	P
21	89A 80 F4 B 22W	0,07	0,01-0,015	Засаливание круга		5,6	K
22	36STP M10-50A 60 D 4 B22W	0,04	0,02-0,025	Засаливание, появление заусенцев		6,5	J
23	A36 M10-50A 601 C4 B22W	0,02-0,03	0,05-0,10	2000	50000	6,5	J
24	8A60J6BC2SP	0,002-0,003	0,01-0,015	500	*	2,8	P
25	EK1 60 – E10 RE DC251	0,008-0,009	0,05-0,010	1500	30000	6,5	J

Примечание: \* - круг снят



# **ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ СТАЛИ 20Х**

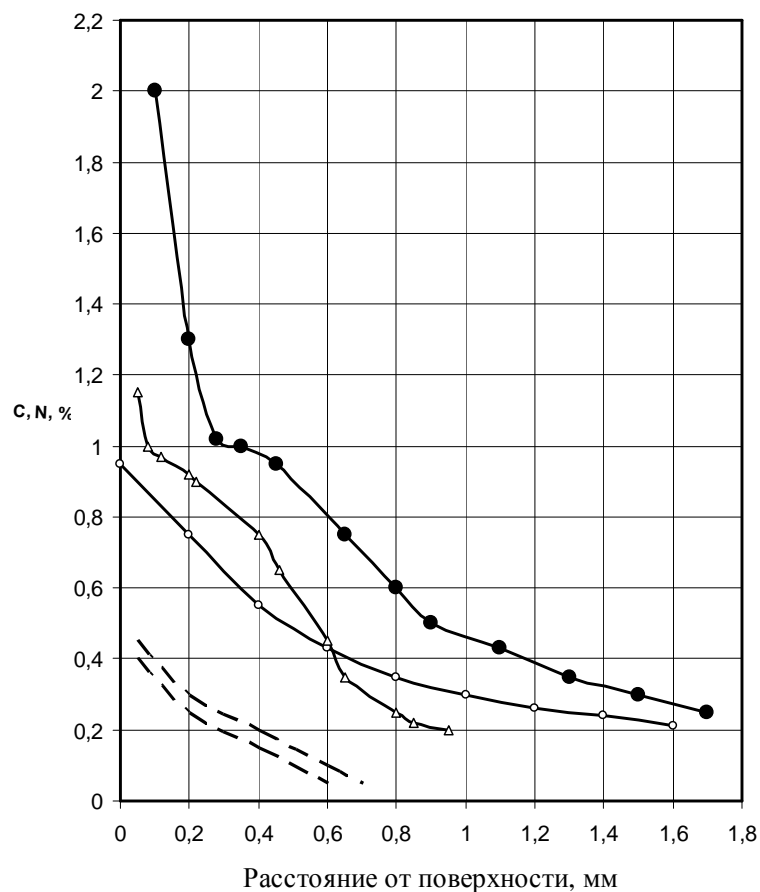
С.В. Семенов, Ю.С. Бахрачева\*

ВПИ (филиал) ВолгГТУ, МИИТ\*

В данной работе исследовалось влияние изменения температуры и числа циклов на распределение углерода и азота по толщине диффузионного слоя. Термоциклическая нитроцементация проводилась в интервале температур 900–600<sup>0</sup> С. Было проведено два эксперимента с числом циклов 5 и 9. Для сравнения выполнялся классический режим при постоянной температуре, время которого совпадало со временем выдержки при верхней температурной границе 9 циклов.

Изменение температуры и числа циклов проводилось с целью изучения особенностей формирования структуры диффузионного слоя в неравновесных условиях. Распределение углерода и азота по толщине диффузионного слоя определялось химическим анализом стружки послойно снятой с цилиндрических образцов диаметром 30мм и длиной 120мм. Толщина снимаемого слоя составляла 0,05мм.

Кривая распределения углерода по толщине диффузионного слоя в случае применения термоциклической нитроцементации зависит от числа циклов и состоит из четырёх участков отличающихся наклоном кривой и градиентом концентраций по толщине слоя (рис.).



Распределение углерода и азота по толщине слоя

● – девять циклов; Δ – пять циклов; ○ – изотермическая нитроцементация, пунктирными линиями обозначен интервал содержания азота

При пяти циклах содержание углерода на поверхности достигает 1,18%, затем содержание углерода падает с интенсивностью 3,6%/мм. Второй участок с содержанием углерода около 1,0% выявляется по перегибу кривой распределения углерода и уменьшению темпа падения содержания углерода. На третьем участке содержание углерода изменяется от 0,97% до 0,72 % на толщине от 0,15 до 0,4мм, интенсивность составляет 1,0%/мм. На четвёртом участке содержание углерода плавно изменяется до исходного содержания в стали.

Увеличение числа циклов до девяти приводит к повышению содержания углерода на поверхности до 2,05%. Затем наблюдается его резкое уменьшение до 1,02% на глубине 0,28мм. Интенсивность снижения углерода на этом участке равна 4,1%/мм. Второй участок, который при пяти циклах выявлялся лишь по перегибу кривой распределения углерода, при девяти циклах распро-

страняется на толщину около 0,15мм с перепадом содержания углерода от 1,03 до 0,97%. Интенсивность уменьшения содержания углерода по толщине слоя составляет 0,4%/мм. Третий участок слоя характеризуется уменьшением содержания углерода с 0,97% до 0,45%. Толщина этого участка в экспериментах с девятью циклами составляет около 0,4мм. Уменьшение концентрации углерода составляет 1,1 %/мм.

Кривая распределения азота изменяется несущественно с изменением числа циклов. Во всех выполненных экспериментах распределение азота по толщине нитроцеменованного слоя укладывается в интервал содержания азота, указанный в нижнем левом углу рисунка.

## **К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАТРИЦЫ ШТАМПА**

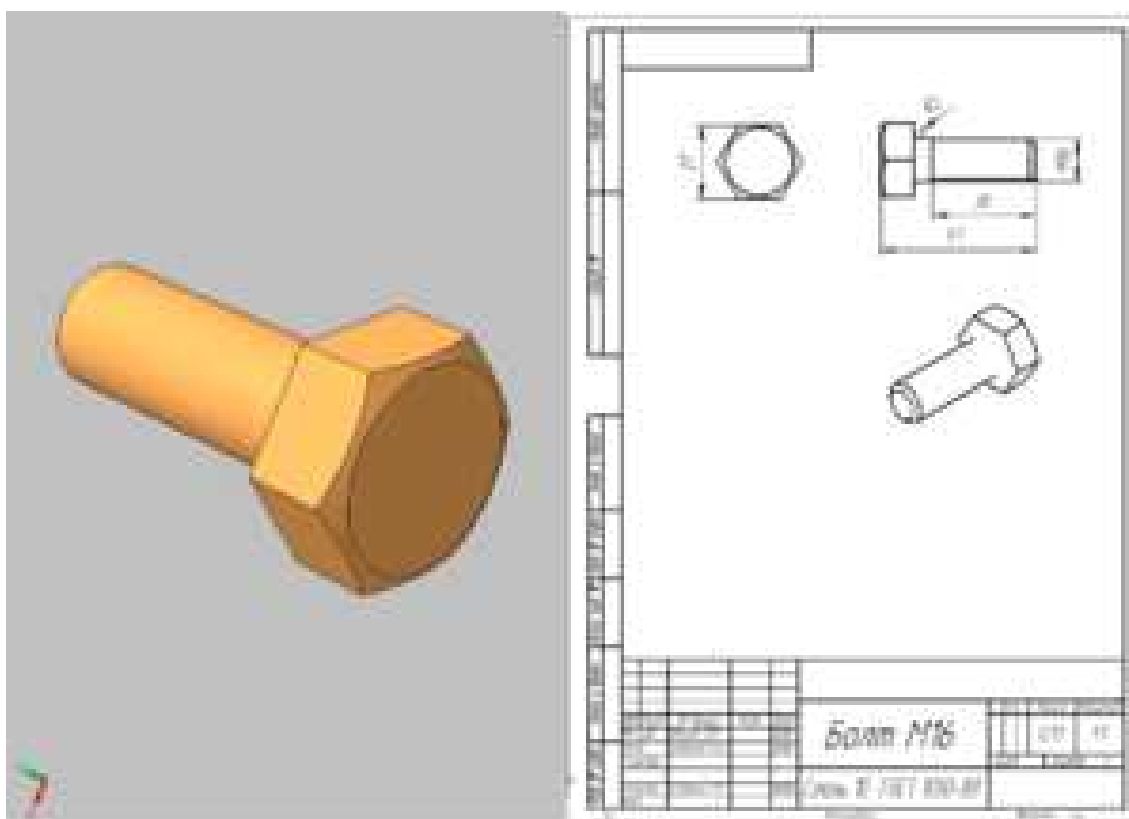
Т.С. Тарасова, Т.А. Ежова

Применение ЭВМ на стадии подготовки производства – одна из актуальных задач современного машиностроительного производства. С помощью ЭВМ решается большое количество задач: выбор вида заготовки, способа ее изготовления, расчеты припусков на обработку, проектирование литых и штампованных заготовок, расчет себестоимости заготовок и т.д. Для реализации указанных выше задач в настоящее время широко используются системы автоматизированного проектирования (САПР).

*Система автоматизированного проектирования* — автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

Задача автоматизации технологического проектирования сводится к реализации классической информационной триады: *модель – алгоритм – программа*.

*Моделирование* предполагает построение мысленной (наглядной, символической, математической) или реальной (натурной, физической) модели, обладающей свойствами или соотношениями, которые подобны реальному объекту или явлению. Под *моделью* будем понимать «объект-заменитель», дополненный группой преобразований, которые связывают его с «объектом-подлинником» (рисунок 1). В основе моделирования лежат информационные процессы, поскольку само создание модели базируется на информации о реальном объекте.



**Алгоритм** это последовательность точных предписаний совершить последовательность действий, направленных на достижение конкретного результата.

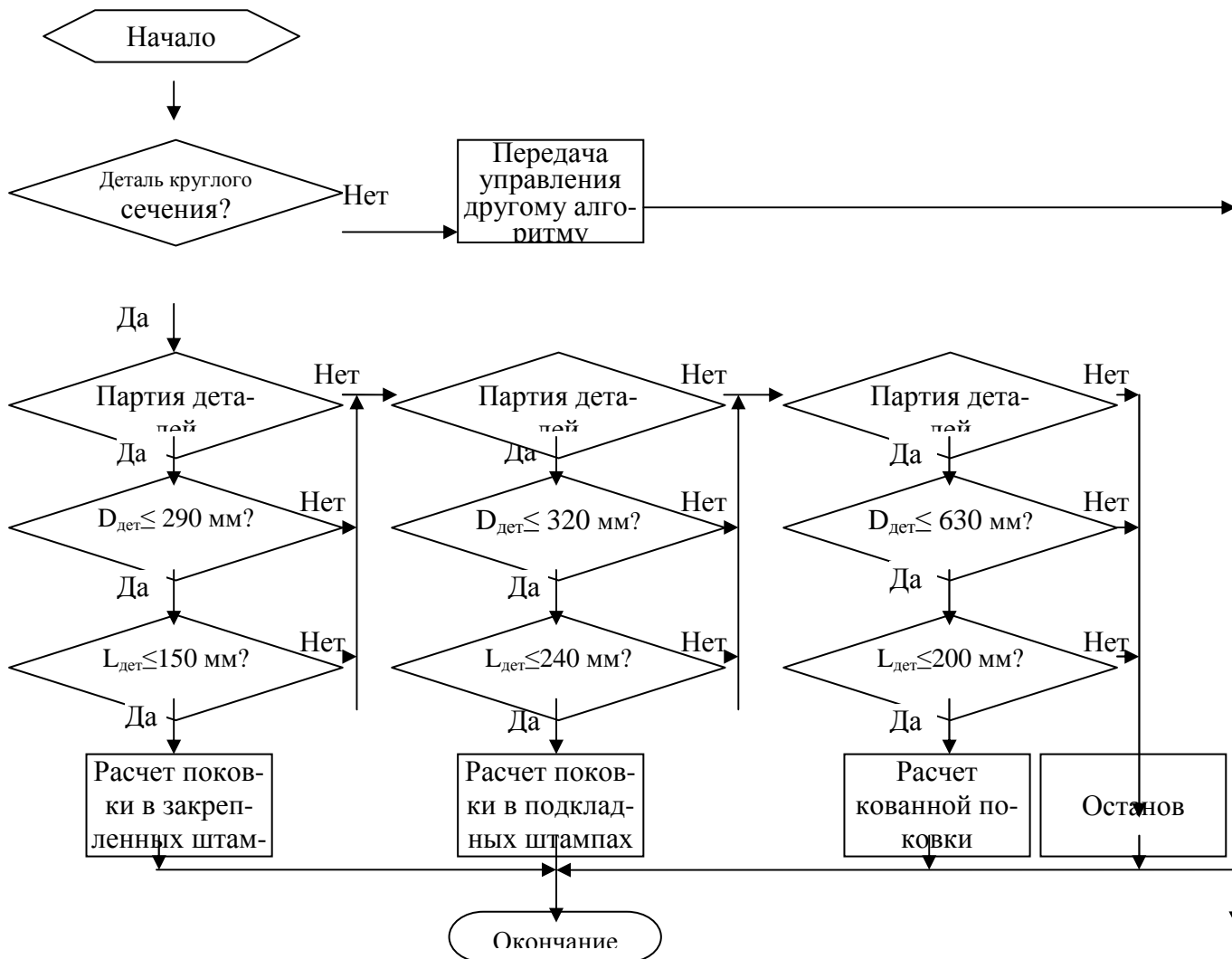


Рис. 2. Блок-схема алгоритма выбора способа получения поковки

**Программа** это набор машинных команд, которые следует выполнить компьютеру для реализации того или иного алгоритма или – форма представления алгоритма, для исполнения его компьютером.

Рассмотрим использование САПР для проектирования технологических процессов изготовления заготовок и для оформления документации на примере штамповочного производства.

Проектирование начинается с выбора из базы данных модели заготовки. Далее в диалоговом режиме вводится полная конструктивная и технологическая характеристика детали: материал, геометрические размеры, описание поверхностей и т.д. Вводится информация о количестве выпускаемых деталей. На основании введенной информации программа решает следующие задачи: выбор рационального метода получения поковки, расчет ее размеров и расчет исходной заготовки; печать параметров заготовки и эскиза поковки со всеми необходимыми размерами; проектирование технологического процесса с расчетом себестоимости изготовления детали; печать карты технологического процесса. На рисунке 2 представлена блок-схема алгоритма выбора метода получения поковки, который определяется сопоставлением габаритов, массы, конфигурации и размера партии деталей.

В зависимости от выбранного метода изготовления рассчитываются конфигурация и размеры поковки. Расчет ведется в два этапа. Сначала определяется предварительная конфигурация поковки исходя из условий выполнения ступеней, концевых и промежуточных уступов, выемок, фланцев, буртов и других элементов.

Затем определяется окончательная конфигурация поковки с точки зрения ее технологичности. Проверяется возможность выполнения в поковке отверстия.

После формирования окончательной конфигурации поковки определяется объем исходной заготовки с учетом технологических отходов и отходов на угар. Поковка при этом разбивается на ступени для определения объема в автоматическом режиме.

Подпрограммы определения размеров исходной заготовки, ее массы, нормы расхода материала с учетом отходов при разрезке и некратности объединены в стандартный блок. Материалом дляковки и штамповки служит прокат круглого сечения. Исходя из марки материала, выбирается ближайшее большее значение диаметра исходной заготовки.

Расход металла на резку определяется по нормативам, расход на не-кратность - исходя из раскроя проката с учетом длины исходной заготовки и метода резки. Все это осуществляется в автоматическом режиме.

Определенный интерес представляет программа печати эскиза поковки со всеми необходимыми размерами. Она не выполняется по типовым конфигурациям поковок, а формируется программой в памяти ЭВМ независимо от формы, количества и взаимного расположения ступеней, после чего распечатывается.

В зависимости от выбранного метода получения поковки, ее размеров и конфигурации проектируется технологический процесс изготовления поковки с выбором переходов, оборудования, основного, вспомогательного и измерительного инструментов, параметров нагрева, схем транспортировки, а также состав бригады с указанием профессии, разряда и количества рабочих, расчетом норм времени.

Внедрение в машиностроительную практику систем автоматизированного проектирования позволяет сократить расходы на проектирование технологического процесса, улучшает качество документации, сокращает цикл подготовки производства, уменьшает себестоимость производства.

## **ПРОЧНОСТЬ ТРУБ ИЗ АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ**

В. Н. Тышкевич

Трубопроводные системы многих конструкций работают в условиях малоциклового нагружения внутренним давлением, низкочастотные деформации вызываются также не стационарными тепловыми состояниями этих конструкций.

В [1, 2] предлагается использовать критерии статической прочности анизотропных материалов для случая малоциклового нагружения, применяя вместо характеристик статической прочности материала его пределы

малоциклового ограниченной выносливости для различных базовых значений разрушающих чисел циклов. В частности, для стеклопластика АГ-4с [1], стеклопластика на основе ткани Т-10 и связующего УПЭ 22-27 [2, 3] экспериментально подтверждена применимость критериев прочности Гольденבלата-Копнова и максимальных напряжений.

Критерий прочности Гольденבלата-Копнова для плоского напряжённого состояния при малоцикловом нагружении, если оси  $x$  и  $y$ , вдоль которых действуют напряжения, совпадают с осями упругой симметрии 1,2, запишется в виде:

$$\begin{aligned}
 & \Pi_{11}(N)\sigma_{11} + \Pi_{22}(N)\sigma_{22} + [\Pi_{1111}(N)\sigma_{11}^2 + \Pi_{2222}(N)\sigma_{22}^2 + \\
 & + 2\Pi_{1122}(N)\sigma_{11}\sigma_{22} + 4\Pi_{1212}(N)\tau_{12}^2]^{1/2} \leq 1, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где  $\Pi_{ik}(N), \Pi_{pqrs}(N)$  - компоненты тензора прочности при малоцикловом нагружении:

$$\begin{aligned}
 \Pi_{11}(N) &= \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{\sigma_{B1}^+(N)} - \frac{1}{\sigma_{B1}^-(N)} \right]; \quad \Pi_{22}(N) = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{\sigma_{B2}^+(N)} - \frac{1}{\sigma_{B2}^-(N)} \right]; \\
 \Pi_{1111}(N) &= \frac{1}{4} \left[ \frac{1}{\sigma_{B1}^+(N)} + \frac{1}{\sigma_{B1}^-(N)} \right]^2; \quad \Pi_{2222}(N) = \frac{1}{4} \left[ \frac{1}{\sigma_{B2}^+(N)} + \frac{1}{\sigma_{B2}^-(N)} \right]^2; \\
 \Pi_{1122}(N) &= \frac{1}{8} \left\{ \left[ \frac{1}{\sigma_{B1}^+(N)} + \frac{1}{\sigma_{B1}^-(N)} \right]^2 + \left[ \frac{1}{\sigma_{B2}^+(N)} + \frac{1}{\sigma_{B2}^-(N)} \right]^2 - \right. \\
 & \left. - \left[ \frac{1}{\tau_{B45}^+(N)} + \frac{1}{\tau_{B45}^-(N)} \right]^2 \right\}; \quad \Pi_{1212}(N) = \frac{1}{4\tau_{B0}^2(N)}.
 \end{aligned}$$

В этих формулах:  $\sigma_{B1}^+(N), \sigma_{B2}^+(N), \sigma_{B1}^-(N), \sigma_{B2}^-(N)$  - пределы малоциклового усталости при одноосном растяжении и сжатии вдоль осей 1 и 2, соответственно;  $\tau_{B45}^+(N), \tau_{B45}^-(N), \tau_{B0}(N)$  - пределы малоциклового усталости при чистом сдвиге для площадок, наклоненных под углом  $45^\circ$  к осям 1, 2 с учётом знака касательных напряжений и в направлении осей 1, 2, соответственно.

Критерий максимальных напряжений имеет вид:

$$(\sigma_{11} - \sigma_{B1}^+(N))(\sigma_{11} + \sigma_{B1}^-(N))(\sigma_{22} - \sigma_{B2}^+(N))(\sigma_{22} + \sigma_{B2}^-(N))(\tau_{12}^2 - \tau_{B12}^2(N)) = 0. \quad (2)$$



Пределы малоциклового ограниченной усталости для различных базовых значений разрушающих чисел циклов ( $N_p = 2, 10, 100, 1000$ ) получены при испытании образцов в виде труб и колец на разрывной машине УМЭ-10ТМ для стеклопластика АГ-4с приведены в [1], стеклопластика на основе ткани Т-10 и связующего УПЭ 22-27 – в [4].

Работоспособность критериев прочности оценивалась при испытании до разрушения трубчатых образцов под действием внутреннего давления. Размеры образцов: внутренний диаметр  $d_o = 60$  мм, толщина стенки  $\delta = 2$  мм; длина рабочей части  $l_o = 200$  мм, общая длина  $L = 400$  мм. Основа ткани стеклопластика направлена поперек трубы (направление 1); уток – вдоль оси трубы (направление 2). При действии внутреннего давления в трубчатых образцах возникают нормальные растягивающие напряжения и  $\sigma_{11} = 2\sigma_{22}$ .

Для количественной оценки работоспособности критериев используется относительное отклонение  $X_i$  радиус-векторов экспериментальных данных от теоретических по критериям прочности, определяемое по формуле:

$$X_i = \frac{R_{\text{эксн.}i} - R_{\text{кр.}i}}{R_{\text{эксн.}i}} \times 100\%,$$

где  $R_{\text{эксн.}i}$  – радиус-вектор для  $i$ -ого экспериментального результата, соответствующий разрушению;  $R_{\text{кр.}i}$  – радиус-вектор для  $i$ -й траектории нагружения по критерию прочности. Расчёт производится в сферической системе координат, путь нагружения задаётся углами  $\alpha_1, \alpha_2$  (рис. 1). Компоненты тензора напряжений в критериях выражаются через  $\sigma_1$ :  $\sigma_2 = k\sigma_1$ ;  $\tau_{12} = m\sigma_1$ , где  $m = (\text{tg}\alpha_2 \cos\alpha_1)^{-1}$ ,  $k = \text{tg}\alpha_1$ .

Относительные отклонения: для критерия (1) изменяется в пределах 2,5 – 16,3%; для критерия (2) – в пределах 6,8 – 14,6%. Относительное отклонение увеличивается с увеличением числа циклов до разрушения  $N_p$ . Таким образом, экспериментально показана применимость критериев (1),

(2) для оценки прочности исследованного стеклопластика при малоцикловом нагружении. Теоретическое значение радиус-вектора  $R_{кр.1}$  по критерию (1) для заданного пути нагружения при действии внутреннего давления в сферической системе координат  $\alpha_1 = 26,57^\circ$ ;  $\alpha_2 = 90^\circ$ ;  $k = 0,5$ ;  $m = 0$  (рис. 1) определяется по формуле  $R_{кр.1} = 1,118 \sigma_{11}$ , где

$$\sigma_{11} = \left( \Pi_{11} + k \Pi_{22} \pm \sqrt{\Pi_{1111} + k^2 \Pi_{2222} + 2k \Pi_{1122} + 4m^2 \Pi_{1212}} \right)^{-1}$$

Путь нагружения и радиус-векторы показаны на рис. 1.

Характеристики упругости стеклопластика равны:  $E_1 = 29400$  МПа,  $E_2 = 17800$  МПа,  $G_{12} = 3010$  МПа,  $\nu_{21} = 0,074$ ;  $\nu_{12} = 0,123$ ;  $V = E_1/E_2 = 1,65$ . Для труб, изготавливаемых перекрёстной намоткой, напряжения, полученные в системе координат трубы  $\sigma_x$  - вдоль,  $\sigma_y$  - поперёк оси трубы, пересчитываются в систему координат, связанную с направлением армирования элементарного  $i$ -го слоя по известным формулам [5].

При расчёте на прочность труб из армированных пластиков коэффициент запаса прочности определяется отношением радиус-векторов  $n = R_{кр}(N_p)/R_{раб}$ , где  $R_{кр}(N_p)$  - предельный радиус-вектор для заданного пути нагружения и базового числа циклов до разрушения по критерию прочности,  $R_{раб}$  - радиус-вектор рабочего напряжённого состояния.

Для прямолинейного участка трубы с толщиной стенки  $h = 1,91$  мм; радиусом срединной поверхности поперечного сечения  $r = 41,6$  мм при действии внутреннего давления  $p = 5$  МПа и изгибающего момента  $M = 1$  кН×м напряжения в наружном слое будут равны:  $\sigma_x = pr/(2h) + M/(\pi hr^2) = 5 \times 41,6 / (2 \times 1,91) + 10^6 / (3,1416 \times 1,91 \times 41,6^2) = 54,45 + 96,30 = 150,75$  МПа;  $\sigma_y = pr/h + M/(\pi hr^2) = 5 \times 41,6 / (1,91) + 10^6 / (3,1416 \times 1,91 \times 41,6^2) = 108,9 + 96,3 = 205,2$  МПа.

При угле перекрёстного армирования  $\varphi = \pm 85,6^\circ$  напряжения в направлении армирования слоя по формулам (3) будут равны:  $\sigma_{11} = 204,9$  МПа;  $\sigma_{22} = 151,7$  МПа;  $\tau_{12} = 4,2$  МПа. Путь нагружения в этом случае в

сферической системе координат задаётся углами  $\alpha_1 = 36,38^\circ$ ;  $\alpha_2 = 89,06^\circ$ ; коэффициенты  $k = 0,5$ ;  $m = 0,0203$ .

$$R_{раб} = (\sigma_{11}^2 + \sigma_{22}^2 + \tau_{12}^2)^{0,5} = (204,9^2 + 151,7^2 + 4,165^2)^{0,5} = 255 \text{ МПа.}$$

Вычисление коэффициентов запаса прочности для различных базовых значений чисел циклов до разрушения по критериям (1) –  $n_1$  и (2) –  $n_2$  приведено в таблице.

Таблица

Коэффициенты запаса прочности для различных базовых значений разрушающих чисел циклов

	$N_p = 2$	$N_p = 10$	$N_p = 100$	$N_p = 1000$
$R_{кр.1}$ , МПа	417,4	355,2	301,1	266,8
$n_1$	1,64	1,39	1,18	1,05
$R_{кр.2}$ , МПа	396,2	372,8	339,3	307,6
$n_2$	1,55	1,46	1,33	1,21

Представленная методика позволяет производить все виды расчётов на прочность труб из АП при малоцикловом нагружении: определение предельных нагрузок, проектировочный и проверочный расчёты.

#### Литература

1. Тышкевич, В. Н. Долговечность криволинейных труб из армированных пластиков при малоцикловом нагружении/ В. Н. Тышкевич// Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. - 2003. - № 2. - С. 67 - 69.
2. Тышкевич, В. Н. Подбор критерия прочности для стеклопластика при малоцикловом нагружении / В. Н. Тышкевич // Механика и процессы управления: Труды XXXIII Уральского семинара/ УрО РАН и др. - Екатеринбург: УрО РАН, 2003. - С. 26 - 28.

3. Багмутов, В. П. Несущая способность криволинейных труб из армированных пластиков при статическом нагружении/ В. П. Багмутов, В. Н. Тышкевич, В. Б. Светличная// Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. - 2004. - № 4. - С. 71 - 73.
4. Тышкевич, В. Н. Прочность труб из армированных пластиков при малоцикловом нагружении/ В. Н. Тышкевич// Конструкции из композиционных материалов. - 2011. - № 1. - С. 12 - 17.
5. Васильев, В. В. Механика конструкций из композиционных материалов/ В. В. Васильев. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.

## **ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ПАСПОРТА ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ Г. ВОЛЖСКОГО**

Г.А. Чернова, М.В. Власова

Транспортная система г. Волжского начала видоизменяться с 1998 года с осуществлением перевозок пассажиров на маршрутных такси. До 2001 года действовали только 2 городских маршрута 6 и 24 с общим числом автобусов "ГАЗель" 60 ед. На пригородных маршрутах перевозка пассажиров начала осуществляться с 2001 года. Стремительное развитие этого рынка привело к увеличению на городских маршрутах числа автобусов к 2010 году до 458 ед., а на пригородных маршрутах до 313 ед. Число автобусов муниципальной пассажирской автоколонны за эти годы существенно не изменилось и составило соответственно 113 и 51 автобус.

В большинстве стран мира предусматривается разумное сочетание механизмов свободного рынка с механизмами административного регулирования количества общественного транспорта, приоритет отдаётся автобусам большой и особо большой вместимости. Негативные последствия, к которым привело увеличение числа пассажирских транспортных средств, в частности автобусов, особо малой вместимости, принуждают организаторов перевозок искать пути регулирования их количества.

Администрация г. Волжского также столкнулась с проблемой неконтролируемого и нерегулируемого внедрения на рынок пассажирских перевозок перевозчиков на маршрутных такси. На внеочередном заседании постоянной комиссии по транспорту и дорожным коммуникациям Волжской городской Думы в мае 2010 г. рассматривался вопрос урегулирования на территории города количества маршрутных такси, так как их число достигло критического значения [1]. Их переизбыток влияет на транспортную ситуацию - увеличению числа дорожно-транспортных происшествий и на экологическую обстановку за счёт увеличения количества выхлопных газов. Перевод маршрутных такси на газообразное топливо экологическую обстановку в городе не улучшает, уменьшаются только затраты на топливо в общих затратах перевозчиков.

Стремительное увеличение числа частных перевозчиков пассажиров на маршрутных такси произошло из-за отсутствия законодательной базы по их регулированию, нормативов и единой методики. Законодательной базы, определяющей параметры оптимизации маршрутной системы на федеральном уровне, не существует, и поэтому в различных регионах РФ предпринимаются попытки оптимизации маршрутной системы, но подходы различны.

Проект Федерального закона "Об общих принципах организации транспортного обслуживания населения на маршрутах регулярного сообщения в Российской Федерации", который был внесён правительством в Государственную Думу в весеннюю сессию 2007 г., направлен на устранение правовых пробелов в этой сфере.

Вопрос регулирования количества маршрутных такси невозможен без оценки состояния городской транспортной системы, которая включает в себя следующие подсистемы:

- городская транспортная сеть с инфраструктурой;
- подвижной состав (трамвай, автобус, троллейбус, метро);
- участники движения (пассажиры).

Для оценки состояния городской транспортной системы должен использоваться системный подход, а для этого необходимо определить характеристики городской маршрутной системы, состоящей из топологической схемы города с разбивкой по микрорайонам или зонам; перечня маршрутов; матрицы пассажиропотоков; матрицы транспортных потоков [2].

Все характеристики можно представить в отдельных документах, которые представляют собой перечень статистических данных и показателей по каждому элементу системы, а все документы собрать в одном общем документе, который будет представлять собой паспорт городской транспортной системы.

Законодательно приказом Минавтотранса 200 [3] определён порядок разработки паспорта только на отдельный маршрут и перечень документов, который он должен иметь. Этот порядок соблюдается и муниципальными и частными перевозчиками, без паспорта маршрута перевозчики не допускаются на выполнение перевозок пассажиров.

Предлагается включить в паспорт городской транспортной системы следующие блоки:

1) реестр (перечень) городских, пригородных, междугородных маршрутов, основой которого является паспорт каждого отдельного маршрута. Реестр должен содержать следующую информацию: маршрута, дата открытия маршрута, длина (протяженность) маршрута, количество автобусов, марка автобуса, вместимость автобуса, интервал движения, названия остановочных пунктов в прямом и обратном направлении;

2) топологическая схема маршрутной системы по определённым зонам с нанесением маршрутов и расстояний между остановочными пунктами.

В каждой зоне определяется длина всей улично-дорожной сети; длины улиц, по которым проходят маршруты; количество маршрутов на улицах с выделением параллельных маршрутов; площадь каждой зоны;

3) топологическая схема маршрутной системы с нанесением зон пешеходной доступности, представляющие собой окружности с радиусами 500 метров с центром в середине остановочного пункта [4]. На схеме наносятся контуры домов, на которых обозначено число проживающих в них;

4) реестр остановочных пунктов по каждому маршруту, включающий маршрут, названия остановочных пунктов, расстояние между остановочными пунктами, длина остановочного пункта;

5) матрицы пассажиропотоков на остановочных пунктах по каждому маршруту по времени суток;

6) матрицы транспортных потоков по времени суток на участках улично-дорожной сети;

7) результаты проведения хронометража скоростей на маршрутах, выполненного согласно требованиям приказа Минтранса 200 [3]. Выполнение затруднено владельцами частных автобусов.

Кафедрой "Автомобильный транспорт" начата работа по составлению паспорта городской маршрутной системы г. Волжского. Получены предварительные характеристики маршрутной системы.

Количество городских муниципальных маршрутов в 2010 году - 44, суммарная протяженность маршрутов 557,2 км, в границе городской застройки - 467,9 км (исключалась длина маршрута от моста до центра Зелёного, от поворота на ЛПК по Быковской трассе до ЛПК), средняя протяженность - 12,66 км, количество автобусов, работающих на маршруте - 186 ед. Количество маршрутов частных перевозчиков 29, суммарная протяженность маршрутов 317,4 км, в границе городской застройки - 257,4 км (исключалась длина маршрута от моста до центра Зелёного, от поворота на ЛПК по Быковской трассе до ЛПК), средняя протяженность - 14,43 км, количество автобусов, работающих на маршруте - 458 ед.

Количество пригородных муниципальных маршрутов в 2010 году - 27, суммарная протяженность маршрутов 736,6 км, в том числе протяжён-

ность маршрутов по городу 207,2 км, средняя протяженность - 33,48 км, количество автобусов, работающих на маршруте - 82 ед. и в Быково 2 ед. Количество маршрутов частных перевозчиков 25, протяженность маршрутов 214 км, в том числе протяжённость маршрутов по городу 59,6 км, средняя протяженность - 21,45 км, количество автобусов, работающих на маршруте - 313 ед.

Рис.1. Распределение количества маршрутов по основным улицам г.Волжского в прямом направлении

Рис. 2. Распределение количества маршрутов по основным улицам г.Волжского в обратном направлении

Основные улицы, по которым проходят автобусные маршруты, представлены на рисунках 1 и 2.

Определены показатели улично-дорожной сети, показывающие степень транспортного обслуживания населения (табл. 1).

Таблица 1 - Показатели улично-дорожной сети

Показатель	Значение	
	Фактические	Нормативные
1. Площадь города $F, \text{км}^2$	45	
2. Длина дорог, км	81,3	
Коэффициент маршрутной совмещенности $K_m, \text{км/км}$	8,1	1,2 - 1,4
Коэффициент плотности маршрутной сети $K_n, \text{км/км}^2$	1,22	2+2,5

Значение коэффициента маршрутной совмещенности  $K_m = 8,1$  свидетельствует об очень густой сети маршрутного транспорта, так как все автобусные маршруты сосредоточены на центральных улицах города. Коэффициент плотности транспортной сети равен  $K_n = 1,22 \text{ км/км}^2$ , что свидетельствует о том, что окраины не обслуживаются пассажирским транспортом.

Необходимым информационным средством при организации перевозок пассажиров является зонирование территории города. Проведено деле-



ние города на компактные образования (зоны) для того, чтобы определить показатели маршрутной системы и обеспеченность жителей города общественным транспортом по зонам. Город Волжский разделен на 4 зоны. Определена суммарная протяженность маршрутов в каждой зоне города.

Таблица 2 - Суммарная протяженность маршрутов

Зона	Суммарная протяженность городских маршрутов, км		Суммарная протяженность пригородных маршрутов, км	
	2007	2010	2007	2010
I	243	272	364,5	364,5
II	543	564	421,2	456,4
III	332,1	352,7	37,3	90,3
IV	494,1	510,8	89,1	141,8

Таблица 3 - Показатели Кп, Км, Кпер, по зонам города, 2007/2010 годы

зоны	Кп	Км			Кпер		
		Городские	Пригородные	$\Sigma$	Городские	Пригородные	$\Sigma$
I зона	0,173	3/3,35	4,5/4,5	5,07	23,2/25	34,9/32,6	58,1
II зона	0,21	6,7/6,9	5,2/5,6	9,57	51,2/51,08	39,5/38	90,6
III зона	0,42	4,1/4,38	0,46/1,1	3,4	41,8/41,3	4,7/7,6	47
IV зона	0,42	6,1/6,3	1,1/1,53	7,58	46,5/45,6	8,1/8,7	54,7

Для оценки пешеходной доступности в паспорт включается топологическая схема города с нанесением согласно СНиП на остановочные пункты окружности радиусом 500 м. На контуры домов нанесены число жителей в них проживающих. Определены зоны города, где не имеют возможности пользоваться общественным транспортом.

Составлен реестр всех остановочных пунктов города и их длин. Проведено обследование 294 остановочных пунктов в прямом и обратном направлении по длине и их соответствие безопасному подходу автобусов.

Таблица 4 - Длины остановочных пунктов, не соответствующих входящему потоку автобусов

Наименование остановочного пункта	Интенсивность, авт/ч	Длина остановочного пункта, м	
		Фактическая	Рекомендуемая
25мкр	145	28	55
30мкр	145	41	55
31мкр	145	33	55
23мкр	65	11	28
37 мкр	145	48,6	55
Пл.Строителей	288	48	69
Пл. Свердлова	387	56	77
Ул.Космонавтов	387	43	77
Поликлиника	226	27	55
7мкр	226	44	55
Дом торговли	323	20	69
Универсам	323	43	69
Ул. Нариманова	323	43	69

Требования к остановочным пунктам должны быть следующими: автобусы, подходящие к остановочным пунктам должны останавливаться в одном ряду, не создавая очереди; не должно быть ожидания автобуса, чтобы занять место на остановке. Расчёт длины остановочного пункта, по рекомендации [4] должен проводиться по интенсивности входящего потока автобусов (авт/ч) для смешанного потока автобусов и для потока автобусов "Газель".

Проведенные обследования остановочных пунктов (табл. 4) показали, что их длины не соответствуют входящему потоку автобусов. Для потока автобусов, проходящих по основным улицам, требуется остановочные

пункты с длиной, превышающей 30 метров. Из 588 исследуемых остановочных пунктов 215 не обеспечивают безопасный подход автобусов и безопасную перевозку пассажиров.

Согласно СНиП 02.07.01.89 длина перегона, то есть расстояния между остановочными пунктами, должна быть 400-600 метров. Составленный реестр длин перегонов показал: количество перегонов с требуемой длиной 256, менее 400 метров - 40, более 600 метров - 242. Наличие перегонов не соответствующих СНиП не обеспечивает пешеходную доступность, ухудшает качество предоставления транспортных услуг. Для перевозчика это означает потерю пассажиров и дохода.

По приказу Минтранса 200 [3] должно проводиться сплошное обследование пассажиропотоков с целью определения количества и вместимости автобусов на каждом маршруте один раз в три года.

Проведено обследование пассажиропотоков на остановочных пунктах улицы Мира, проспекту Ленина. По рекомендациям НИИАТ рациональная вместимость автобусов должна соответствовать определённому часовому пассажиропотоку (табл. 5).

Таблица 5 - Рациональная вместимость автобусов

Часовая пассажиро-напряженность, пасс.	Общая вместимость автобуса, пасс.
200-1000	40
1000-1800	65
1800-2600	80
2600-3800	110
3800 и выше	180

По результатам обследования пассажиропотоков на пассажирообразующем остановочном пункте "Рынок Валентина" определена целесообразность применения на маршруте 14 только автобусов "Волжанин-6270" (табл. 5 и 6).

Таблица 6 - Анализ пассажиропотоков на муниципальных и частных автобусах

ЧАСЫ	ПАССАЖИРОПОТОК			Пасс.% м.такси	Количество автобусов		
	Волжанин	Маршрутные такси	ВСЕГО		Волжанин	Газель	Автобусы "Волжанин" на $\Sigma$ п/поток
	Икарус 14,24 м-т						
8-9	672	824	1496	55,1	15	69,6	33
9-10	728	505	1223	41,00	16	41	27
10-11	684	396	1080	36,77	15	33	24
11-12	529	375	904	41,5	12	32	20
12-13	569	385	954	40,4	13	33	21
13-14	569	370	939	39,4	13	32	21
15-16	468	265	737	36,0	10	22	16
16-17	465	391	856	45,7	10	33	19
17-18	591	359	950	37,8	13	30	21
	5275	3874	9149	42,3			

Обсчёт транспортных потоков на центральных улицах показал: транспортный поток составляют автобусы МУП ВАК-1732: "Икарус-280", "ЛиАЗ-677", "Волжанин-6270", "Волжанин-5270", автобусы "ПАЗ-3250" и маршрутные такси "ГАЗель" частных предпринимателей, легковые автомобили - такси и легковые автомобили индивидуальных владельцев.

Характеристика транспортного потока, проходящего на проспекте Ленина, улице Мира:

- высокая неравномерность по участкам улицы и по составу;
- основная часть транспортного потока - легковые автомобили и маршрутные такси;
- основная доля общественного транспорта приходится на маршрутки - до 85 % от общего количества пассажирского транспорта;
- количество параллельных маршрутов на отдельных участках достигает 54, из которых 25 принадлежащих МУП ВАК-1732.

Транспортный поток характеризуется неравномерностью по количеству автомобилей, по участкам и количеству параллельных маршрутов.

В связи с высокой интенсивностью движения транспортных средств, разнообразием транспортного потока, большого количества автомобилей

"ГАЗель" на остановочных пунктах возникают очереди, заторы, автобусы становятся в два ряда.

Анализ транспортных потоков на улицах города показал необходимость регулирования количества маршрутных транспортных средств по часам суток: в часы пик и непиковое время. Количество маршруток в часы пик и во время спада пассажиропотоков не регулируются перевозчиками по расписанию, чем наносится вред не только окружающей среде, но и всем жителям, загрязняя воздух отработавшими газами и продуктами износа.

Большая интенсивность общего транспортного потока и плотность движения транспортных средств, говорит о необходимости или расширения проезжей части дорог или перевода потока на другие улицы.

Хронометраж технической скорости автобусов также должен фиксироваться в паспорте. Хронометраж проводился на маршруте 14 на автобусах "Волжанин" и "ГАЗель". Техническая скорость автобусов "Волжанин" не отличалась от заявленной в расписании. У автобусов "ГАЗель" была выше, чем в расписании. Это вызвано задержками в движении и на остановочных пунктах из-за больших транспортных потоков на улице Мира, а затем, чтобы наверстать упущенное время, водителям приходится увеличивать скорость и нарушать правила дорожного движения.

По результатам формирования паспорта городской маршрутной системы и оценки состояния городской транспортной системы предложено:

- проводить регулярное обследование пассажиропотоков на всех маршрутах и по результатам определять вместимость автобусов и их марку;
- уменьшить количество маршрутов, дублирующих регулярные маршруты муниципальных автобусов большой вместимости;
- направлять по возможности транзитный транспорт по объездной дороге, для чего необходимо периодическое проведение исследования транспортного потока и разделения его на городской и транзитный;

- направить часть пригородных маршрутов на ул. Карбышева для разгрузки проспекта Ленина;

- выделить на проспекте Ленина одну полосу специально для общественного транспорта;

- длины остановочных пунктов привести в соответствии с входящим потоком автобусов.

Таким образом, паспорт городской транспортной системы позволяет получить реальные характеристики состояния маршрутной системы в динамике и в результате определять показатели маршрутной сети, соответствие количества автобусов пассажиропотоку, соответствие длины остановочных пунктов входящему потоку автобусов, соответствие технической скорости нормативной, оценить пешеходную доступность остановочных пунктов.

#### Литература.

1. Сергеев А. Сколько в Волжском будет маршруток? / Волжское обозрение. - 2010. - 17.

2. Гудков В.А., Миротин Л.Б. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. Изд-во М.: Транспорт, 1997. - 255 с.

3. Приказ 200 от 31 декабря 1981 г. Министерства транспорта РСФСР.

4. Чернова Г.А. Организация безопасной перевозки пассажиров с учётом эксплуатационной и экологической составляющих. Диссертация к.т.н., Волгоград, 2005. - 168 с.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ВИДОВ ИЗНАШИВАНИЯ АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН

В.А. Носенко, Е.В. Шевцова

Работа посвящена методике определения вероятности видов изнашивания абразивных зерен. Результатом работы является разработка математической модели формирования рабочей поверхности абразивного инструмента.

При разработке математических моделей формирования рабочей поверхности абразивного инструмента необходимо знать вероятность протекания каждого вида износа зерен и его размерную величину, так как износ абразивного инструмента влияет на производительность процесса шлифования, на качество обработанной поверхности и на расход абразивного инструмента.

К основным факторам, определяющим формирование рабочей поверхности, относятся вырывание зерен из связки, скалывание и истирание вершин. Количество вершин, поврежденных в слое тем или иным видом износа, определяется вероятностями вырывания зерен из связки  $A_i$ , скалывания  $B_i$  и истирания  $C_i$  их вершин. Для зерен, контактирующих с металлом, вероятности изнашивания составляют полную группу:

$$A_i + B_i + C_i = 1. \quad (1)$$

По характеру формирования структуры рабочий слой круга в радиальном направлении от условной наружной поверхности разбивается на три зоны. В первой зоне происходит основное формирование структуры, во 2-й зоне изменение плотности распределения вершин происходит в результате появления новых вершин от зерен, работавших до скалывания в 1 зоне. В 3-й зоне вершины зерен распределены согласно начальным условиям.

На  $K$ -ом обороте за одно касание круг изнашивается на величину  $\Delta R_k$ . Соответственно расстояние от вершин зерен рассматриваемого слоя

до наружной поверхности круга уменьшается на эту же величину. Если начало координат привязано к наружной поверхности круга, то после каждого оборота круга координаты вершин всех зерен уменьшаются на величину  $\Delta R_k$ .

При прохождении зоны контакта количество вершин в  $i$ -ом слое будет изменяться под влиянием следующих факторов: в результате вырывания зерен часть режущих кромок  $\Delta n_{1i}$  выйдет из слоя; в результате скалывания покинет слой  $\Delta n_{2i}$  вершин; в результате истирания  $\Delta n_{3i}$  режущих кромок переместится в вышележащий слой; в результате скалывания в нижележащих слоях  $\Delta n_{4i}$  режущих кромок попадет в наблюдаемый слой; в результате изнашивания в предыдущем слое часть режущих кромок  $\Delta n_{5i}$  переместится в наблюдаемый.

Таким образом, общее количество вершин в  $i$ -ом слое после  $K$  оборотов круга равно:

$$N_i(K) = n_{i+1}(K-1) - \Delta n_{1i}(K) - \Delta n_{2i}(K) - \Delta n_{3i}(K) + \Delta n_{4i}(K) + \Delta n_{5i}(K) \quad (2)$$

Для того, чтобы перейти к расчету модели, необходимо определить вероятности каждого вида износа. Зерна вырываются из связки при превышении силы закрепления зерен в связке  $Q_c$  равнодействующей силы резания  $R_z$ . Если бы все зерна имели одинаковую прочность или одинаково прочно закреплены в связке и одинаково нагружались, то они выпадали или скалывались одновременно при определенной глубине микрорезания.

Вероятность разрушения рабочей поверхности круга при шлифовании в результате вырывания зерен и скалывания вершин является суммой двух вероятностей  $A_i$  и  $B_i$ . Эти вероятности пропорциональны соответственно вероятностям  $P_i(\alpha)$  – вероятность вырывания зерен из связки при бесконечной прочности материала зерен, и  $P_i(\beta)$  – вероятность скалывания вершины при бесконечной прочности связки.



После определения вероятностей  $A_i$  и  $B_i$  можно найти из формулы (1) вероятность  $C_i$ . Вероятности вырывания  $A$ , скалывания  $B$  и истирания  $C$  зависят от нагрузки, действующей на зерно.

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

Г.А. Чернова, Р.В. Заболотный

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.

С учетом того, что 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  $0,99 \pm 0,64 = 0,35 \dots 1,63$  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 (Х-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 колёшек.

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)

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОБУСА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ САЛОНА**

А.П. Кулько

В соответствии «Нормами расхода топлив и смазочных материалов», введенных распоряжением Минтранса России № АМ-23-р от 14 марта 2008 г., при среднесуточной температуре ниже  $+5^{\circ}\text{C}$  на обогрев салонов автобусов автономными жидкостными подогревателями, выделяется определённое количество топлива, рассчитываемое по удельному расходу автономного подогревателя на 1 час работы автобуса на линии.

Таким образом, Нормы № АМ-23-р не обеспечивают точный расчет расхода топлива, так как предполагают, что при наружной температуре ниже  $+5^{\circ}\text{C}$  автономный отопитель будет работать в непрерывном режиме в течение всего времени работы на линии, однако горелки современных автономных подогревателей жидкости (ПЖД) автобуса включаются периодически – запуск происходит при температуре охлаждающей жидкости на входе в отопитель  $73^{\circ}\text{C}$ , а выключение – при температуре  $78^{\circ}\text{C}$ .

Как показывают исследования теплового режима в салонах автобусов с помощью автономных температурных регистраторов «Термохрон», проведённые кафедрой «Автомобильный транспорт» ВПИ совместно с Волжской автомобильной колонной-1732, температура в салоне автобуса не стабильна. Она зависит от внешних климатических факторов температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации.

Поэтому потребность в тепле, следовательно, и расход топлива автономным подогревателем на обогрев салона будут пропорциональны температуре окружающей среды.

При температуре окружающей среды выше  $10^{\circ}\text{C}$  и в установившемся температурном режиме, в салоне наблюдается перегрев воздуха на  $5...7^{\circ}\text{C}$  выше комфортной температуры ( $18...20^{\circ}\text{C}$ ).

А в случае интенсивного воздействия потока солнечной радиации через прозрачные ограждения на внутреннюю обшивку салона, температура воздуха – поднимается до 37...40 °С (рис. 1).

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, ТЕ-2-1; 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.

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

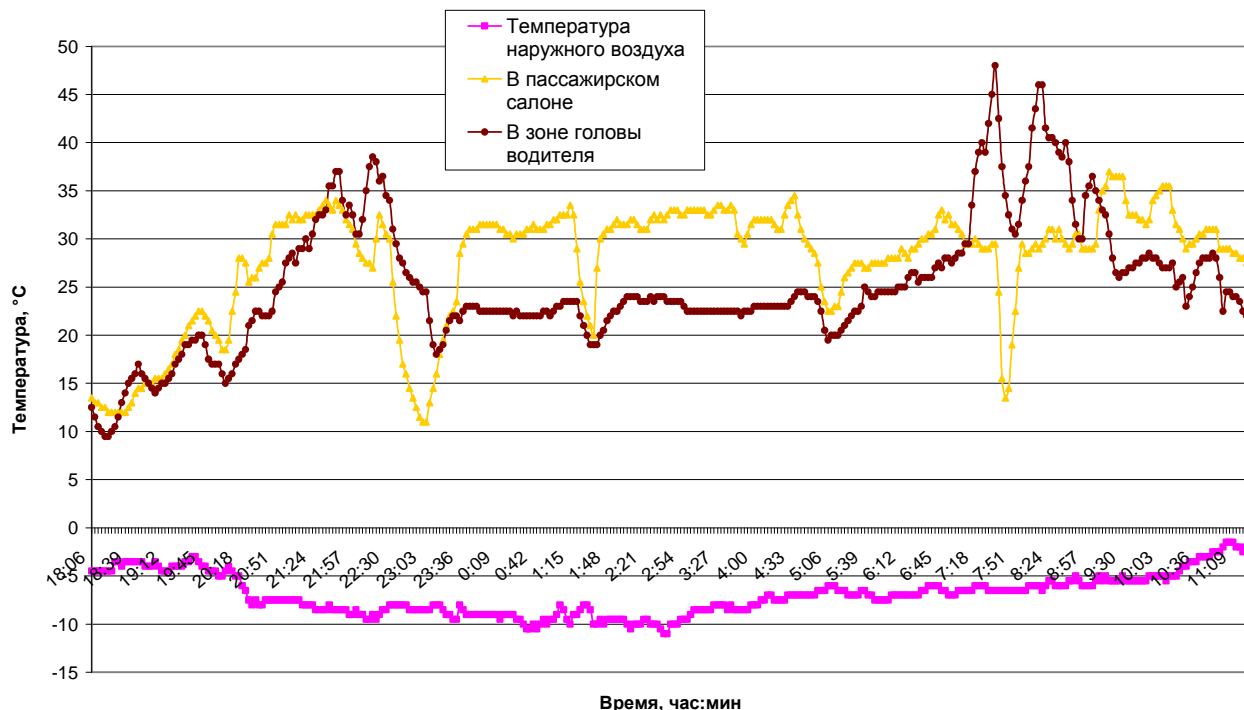


Рис.1. Температурный режим в салоне междугородного автобуса «Волжанин-5285»

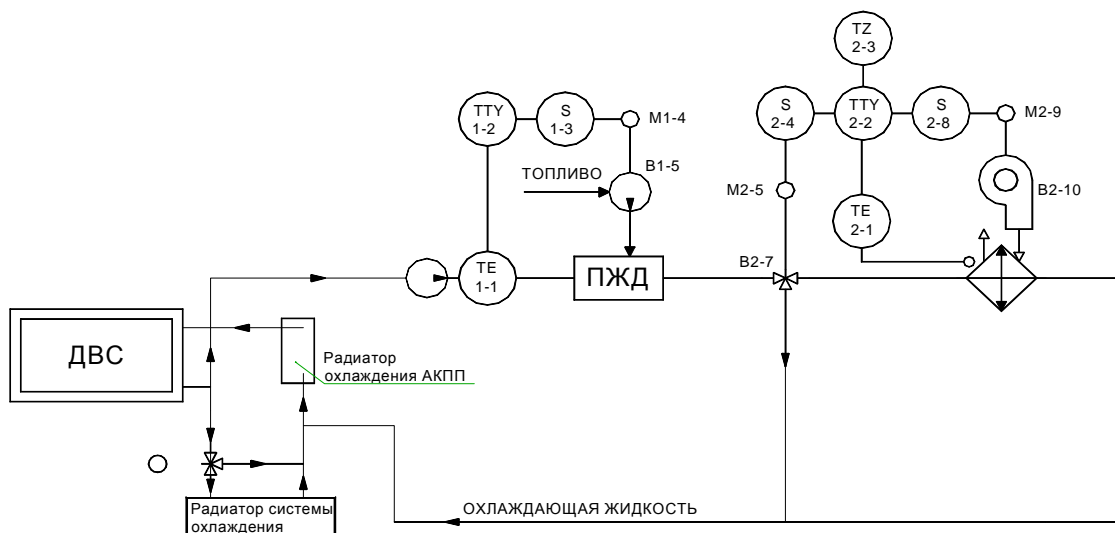


Рис. 2. Функциональная схема автоматизированной системы отопления салона автобуса  
Электронный блок управления (ЭБУ), включает информационные преобразователи с устройством сравнения ТТУ1-1, ТТУ2-1; задающее устройство TZ2-3; устройства управления S1-3, S2-4, S2-8, предназначен для отслеживания температуры воздуха за бортом автобуса и в салоне, сравнения её с заданной температурой. На основе разницы установленной и фактической температуры в салоне по энергетической модели теплопро-

изводительности системы отопления (формула 1), ЭБУ регулирует расход воздуха  $G_в$  с помощью изменения частоты вращения вентиляторов отопителей, а так же температуру приточного воздуха  $T_{пр}$ , посредством управления водяными клапанами, подающими нужное количество теплоносителя в салонные отопители, а так же установкой воздушной заслонки фронтального отопителя в положение, обеспечивающее минимальный приток наружного воздуха, необходимого для вентиляции отделения водителя и очистки ветрового стекла от конденсата. При работе системы отопления в переходный климатический период зима-лето ЭБУ переключает автономный жидкостный подогреватель в режим понижения температуры теплоносителя на 8 К. 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:

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

где  $\text{Драб.отоп}$  – число рабочих дней в году, когда в автобусе включается система отопления (за вычетом простоев при ТО-1, ТО-2);  $g_e$  – удельный расход топлива в автономном подогревателе, л/(час·кВт);  $t_{\text{сут}}$  – время работы автобуса в течение суток, час.;  $\text{Цдт}$  – оптовая цена дизельного топлива, руб./литр;  $T_{\text{факт}}$  – фактическая температура воздуха в салоне автобуса, °С;  $UA$  – коэффициент тепловых потерь через ограждения пассажирского салона;  $T_n$  – наружная температура;  $T_{\text{вн.у}}$  – 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.