

Исследования показали, что при увеличении температуры коэффициент восстанавливаемости снижается для всех исследуемых наноконструкций. Так, для составов Алмаз и Рохірол при +20 °С значения этого коэффициента соответственно составили 40,2 и 31,8 %, а с увеличением температуры до +200 °С они снизились до 5,1 и 3,3 %. Отечественный и зарубежный составы, наполненные бемитом, при +20 °С имеют значения коэффициента восстанавливаемости, равные соответственно 45,7 и 35,9 %, а при +200 °С — соответственно 7,3 и 5,3 %. При использовании фуллереновой сажи эти значения для отечественной композиции снизились с 49,5 до 8,7 %, а для зарубежной — с 38,7 до 6,5 %. Из представленных графиков (рис. 2) видно, что коэффициент восстанавливаемости отечественного состава выше зарубежного, что свидетельствует о более высоких упругих свойствах первого.

Следует отметить, что разность коэффициентов восстанавливаемости составов Алмаз и Рохірол, а также наноконструкций на их основе наиболее интенсивно уменьшается при повышении температуры выше +100 °С.

Исследования показали, что при наполнении составов бемитом теплостойкость возрастает на 6...19 %, а фуллереновой сажой — на 8...24 %.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что исследуемые нанонаполнители приводят к увеличению модуля упругости и теплостойкости составов. За счет этого составы способны работать при более высоких температурах, не меняя в значительной степени свои физико-механи-

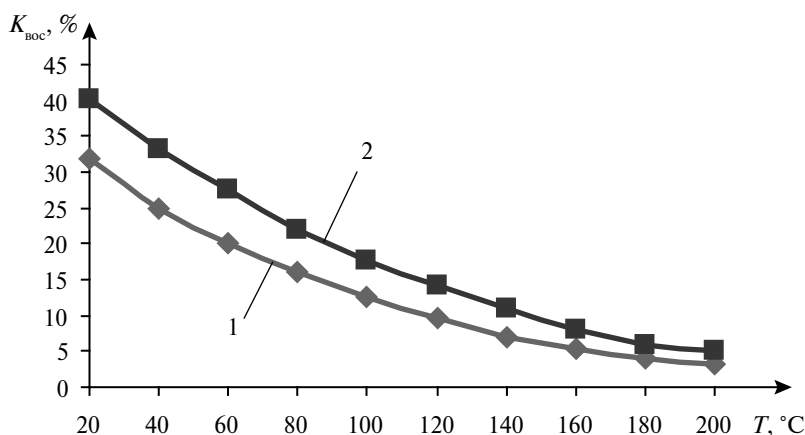


Рис. 2. Зависимость коэффициента восстанавливаемости  $K_{вос}$  полимерных составов от температуры  $T$ :  
1 — Рохірол; 2 — Алмаз

ческие свойства и отвечая современным требованиям эксплуатации техники.

#### Список литературы

1. Кононенко, А.С. Восстановление радиаторов / А.С. Кононенко, Р.В. Киселёв // Сельский механизатор. — 2004. — № 6. — С. 22–23.
2. Чернин, И.З. Эпоксидные полимерные составы и композиты / И.З. Чернин, Ф.М. Смехов, Ю.В. Жердев. — М.: Химия, 1982. — 232 с.
3. Кононенко, А.С. Теория и практика герметизации фланцевых соединений сельскохозяйственной техники полимерными наноконструкциями: монография / А.С. Кононенко. — М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. — 180 с.
4. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. — М.: Физматлит, 2005. — 416 с.
5. Лебедев, Л.М. Машины и приборы для испытания полимеров / Л.М. Лебедев. — М.: Машиностроение, 1967. — 212 с.

УДК 658.562

О.А. Леонов, доктор техн. наук

Н.Ж. Шкаруба, канд. техн. наук

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

## АЛГОРИТМ ВЫБОРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

**В**ыбор средств измерений — одна из важнейших задач метрологического обеспечения производства. От правильного ее решения зависит качество конечной продукции, промежуточного и входного контроля. Из-за наличия погрешности измерений часть годных деталей может быть забракована, а часть бракованных попадает в год-

ные. Анализ потерь от неправильного забраковывания или принятия изделий — сложная экономическая задача [1]. На общую экономическую эффективность контроля оказывает влияние также стоимость измерительных приборов и текущие эксплуатационные расходы, включающие в себя затраты на ежегодную поверку, на материа-

лы и энергию, расходуемые при измерениях, на заработную плату контролера и др.

Потери от погрешности измерений классифицируют следующим образом [1–4]:

- потери от погрешности измерений — при измерительном контроле параметров оборудования, выходном контроле и контроле качества продукции;
- потери, возникающие от погрешности измерений при операциях расхода, учета и дозирования;
- потери, возникающие при отклонении параметров технологического процесса от оптимальных значений за счет погрешности измерений.

Экономия, получаемая от уменьшения погрешности измерений при измерительном контроле параметров оборудования, выходном контроле и контроле качества продукции, может возникать за счет следующих мероприятий [2]:

- снижения потерь от пропуска бракованных средств измерений и последующей их эксплуатации;
- снижения непроизводственных расходов при пропуске дефектных изделий, материалов, полуфабрикатов и забраковывания годных;
- уменьшения потерь от забраковывания годной продукции при выходном контроле, а также штрафов и рекламаций за счет пропуска дефектной продукции в сферу потребления;
- сокращения затрат при пропуске дефектных изделий в производственный цикл;
- уменьшения ущерба от эксплуатации дефектной продукции у потребителя;
- повышения качества продукции и уменьшения расхода материалов при проведении аттестации технологического процесса на точность;
- уменьшения времени простоя оборудования и потерь от аварий и поломок;
- уменьшения потерь от снижения качества выпускаемой продукции и т. д.

Алгоритм выбора средств измерений изложен ниже.

1. Выбирают номенклатуру средств измерений для отверстия и для вала с учетом метрологических (цена деления, пределы измерений) характеристик из условия ГОСТ 8.051–81 ГСИ:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta,$$

где  $\Delta_{\text{lim}}$  — предельная погрешность средства измерений;  $\delta$  — допускаемая погрешность измерения.

2. Определяют пары средств измерений (для отверстия и вала) по критерию минимизации выхода за границы поля допуска посадки вероятностных характеристик соединения:

$$K_{\text{min}}, K_{\text{max}} \rightarrow 0,027,$$

где  $K_{\text{min}}, K_{\text{max}}$  — вероятность появления соединений с посадкой меньше и больше допустимой.

3. Для каждой выбранной пары средств измерений определяют годовые затраты на проведение измерений по формуле [3]:

$$Z_{\text{ип}}^r = Z_{\text{и}} + E_{\text{н}}K,$$

где  $Z_{\text{и}}$  — текущие затраты на измерения технологического параметра, р./год;  $K$  — удельное капитальное вложение и другие единовременные затраты, приходящиеся на измерения технологического параметра, р.;  $E_{\text{н}}$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

3. Для каждой выбранной пары средств измерений определяют годовые потери от применения:

$$P_{\text{и}}^r = P_{\text{из}} + P_{\text{эк}},$$

где  $P_{\text{из}}$  — потери, обусловленные погрешностью измерений при контроле изготовления, ремонта и приемки продукции, р./год;  $P_{\text{эк}}$  — потери в сфере применения изделий, обусловленные пропуском дефектных изделий (ошибками 2-го рода) на выходном контроле продукции у изготовителя, р./год.

4. Выбирают пару средств измерения по условию минимизации суммы затрат на измерения  $Z_{\text{ип}}^r$  и потерь от погрешности измерений  $P_{\text{и}}^r$ :

$$I_{\Sigma}^r = (Z_{\text{ип}}^r + P_{\text{и}}^r) \rightarrow \min,$$

где  $I_{\Sigma}^r$  — суммарные годовые издержки на измерения, р./год.

Затраты на измерения и потери из-за погрешности измерений должны быть выражены в сопоставимой форме и соответствовать одному и тому же периоду времени.

5. Определяют в общем виде годовой экономический эффект от использования средств измерений по формуле сравнения приведенных затрат:

$$\mathcal{E}^r = I_{\Sigma 1}^r \frac{B_{\text{и1}}}{B_{\text{и2}}} - I_{\Sigma 2}^r,$$

где  $B_{\text{и1}}, B_{\text{и2}}$  — годовые объемы измерений, изм./год.

Экономии за весь срок службы использования более точных и дешевых средств измерений можно определить по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{B_{\text{и1}} \left( K_1 (R_p + E_{\text{н}}) + Z_{\text{ип1}} + P_{\text{и1}} \right) \frac{T_2}{T_1} - B_{\text{и2}} \left( K_2 (R_p + E_{\text{н}}) + Z_{\text{ип2}} + P_{\text{и2}} \right)}{R_p + E_{\text{н}}},$$

где  $T_1, T_2$  — сроки службы средств измерений, лет;  $R_p$  — норма реновации для средств измерений.

Таким образом, разработан алгоритм выбора средств измерений для контроля отверстия и вала, образующих соединение, путем технико-экономической оптимизации погрешности измерений при ремонте. Он включает в себя множество элементов, величины которых определяются исхо-

для из конкретных условий — вида средств и методов измерений, характеристик объекта измерений, программы производства (контроля), производительности средств измерений и ряда других параметров.

#### Список литературы

1. Миф, Н.П. Оптимизация точности измерений в производстве / Н.П. Миф. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 136 с.

2. МИ 412–86. Методы определения экономической эффективности метрологических работ. — М.: Изд-во стандартов, 1987. — 96 с.

3. Шкаруба, Н.Ж. Техничко-экономические критерии выбора универсальных средств измерений при ремонте сельскохозяйственной техники: монография / Н.Ж. Шкаруба. — М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. — 120 с.

4. Леонов, О.А. Техничко-экономические основы метрологии, стандартизации и сертификации: учеб. пособие / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Г.Н. Темасова. — М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2004. — 236 с.

УДК 631.371

*Л.В. Фёдорова, доктор техн. наук*

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

*А.В. Морозов, канд. техн. наук*

*В.А. Фрилинг*

Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОДВИЖНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЗАКАЛКОЙ ОТВЕРСТИЙ

Современные тенденции в производстве и эксплуатации машин и механизмов направлены на существенное улучшение их эксплуатационных показателей в первую очередь за счет повышения качества рабочих поверхностей деталей. В частности, к основному качественному показателю относится физико-механическое состояние поверхностного слоя, которое направленно формируется на финишных операциях технологического процесса. Действующие и перспективные технологические процессы обработки должны обеспечивать повышение надежности и долговечности как вновь изготавливаемых машин, так и отдельных их деталей на стадии ремонта.

В конструкциях машин и механизмов различного назначения большое распространение получили гладкие цилиндрические подвижные сопряжения. Анализ износа отверстий таких деталей показал, что значительное большинство выходит из строя, имея низкие эксплуатационные свойства исполнительных опорных поверхностей [1].

С целью снижения интенсивности изнашивания опорной поверхности данных деталей в условиях кафедры «Материаловедение и технология машиностроения» Ульяновской ГСХА имени П.А. Столыпина разработана технология избирательной электромеханической закалки (ИЭМЗ) трибонагруженного участка фасонным бронзовым инструментом, перемещающимся вдоль его оси [2–4]. Для подтверждения эффективности предлагаемой технологии применительно к закалке трибонагружен-

ного участка поверхности отверстия были проведены экспериментальные исследования, которые показали, что глубина закаленного слоя составила 0,8 мм твердостью 72 кг/мм<sup>2</sup>.

В результате исследования шероховатости поверхности, обработанной ИЭМЗ (рис. 1), выявлено, что первоначальная шероховатость, полученная после изготовления втулок в соответствии с техническими требованиями, незначительно увеличивается по параметрам  $R_a$ ,  $R_z$  и  $R_{max}$  в сравнении с исходной. Это можно объяснить частичным переносом материала инструмента на обрабатываемую поверхность под действием высоких температур и контактного давления.

На основании полученных результатов можно предположить, что ИЭМЗ в сельскохозяйственных ремонтных мастерских для деталей общего машиностроения может являться окончательным этапом обработки внутренней поверхности без последующей чистовой механической обработки, так как полученная после ИЭМЗ шероховатость соответствует рекомендованной для большинства рассматриваемых деталей.

Сравнительные испытания износостойкости обработанной поверхности образцов проводили на машине трения 2070 СМТ-1 по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 23.224–86 по схеме «ролик–колодка».

Ролик устанавливался на нижний шпиндель и закреплялся гайкой. Колодка при испытании удерживалась с помощью шарика, установленно-