

2012 № 2 Часть 3

Научный рецензируемый журнал

Основан в 2010 г.

Выходит два раза в год

Учредитель: ГОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ №ФС77-44619 от 15.04.11).

Журнал «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии» включен в перечень ведущих научных журналов и изданий ВАК

Редакционный совет

С.Г. Емельянов (председатель, главный редактор), д-р техн.наук, профессор, ректор ЮЗГУ; Л.М. Червяков (зам. председателя), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; Е.А. Кудряшов (зам. председателя), д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ.

В.И. Андреев, д-р техн.наук, профессор, МГСУ, г.Москва; И.А. Асеева, д-р филос. наук, доцент, ЮЗГУ; О.И. Атакищев, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; Р.К. Боженкова, д-р филос. наук, профессор, ЮЗГУ; Ю.В. Вертакова, д-р экон. наук, профессор, ЮЗГУ; В.Н. Грядни, д-р техн.наук, профессор, ЦИТП РАН, Москва; С.В. Дегтярев, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; Л.В. Дмитриев, профессор, доктор, технический университет, София; В.Э. Дрейзин, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; И.А. Каляев, чл. корр. РАН, д-р техн.наук, профессор, НИИ МВС РАН, Таганрог; А.Ф. Каперко, д-р техн. наук, профессор, МГИЭИМ, Москва; В.И. Колчунов, академик РААСН, д-р техн. наук, профессор, ОрелГТУ; Н.А. Корневский, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; П.Ф. Кравчук, д-р философ. наук, профессор, ЮЗГУ; А.И. Кузьменко, д-р физ.-мат. наук, профессор, ЮЗГУ; Ю.Н. Кульчин, чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор, ИАиПУ РАН, Владивосток; Д.А. Новиков, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор, ИПУ РАН, Москва; А.В. Олейник, д-р техн. наук, профессор, департамент Минтранс РФ, Москва; В.И. Опарин, чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор, ИГД РАН, Новосибирск; А.В. Островский, д-р экон.наук, профессор, ИДВ РАН, Москва; В.И. Римшин, чл.-корр. РААСН, д-р техн.наук, профессор, МГАКХ, Москва; Г.В. Секегов, д-р техн.наук, профессор, ИГД РАН, Хабаровск; В.Н. Сусликов, д-р юр. наук, профессор, ЮЗГУ; М.Л. Титаренко, ак. РАН, д-р философ.наук, профессор, ИДВ РАН, Москва; В.С. Титов, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; (отв.секретарь); В.С. Федоров, акад. РААСН, д-р техн. наук, профессор, Московский гос. ун-т путей сообщения; А.С. Ястребов, д-р техн. наук, профессор, СПГУТ, Санкт-Петербург; С.Ф. Яцун, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ.

ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия Техника и технологии

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ	12
<i>Аникева О.В., Ивахненко А.Г.</i>	
Математическая модель для оптимизации восстанавливаемых при ремонте значений показателей геометрической точности металлорежущих станков	12
<i>Колмыков В.И., Романова Т.И., Жосанов А.А., Ефименко Л.А.</i>	
Влияние деформационного старения на усталостную прочность стали 17ГС для нефтегазовых трубопроводов	16
<i>Гадалов В.Н., Скрипкина Ю.В., Квашнин Б.Н., Климов Д.В., Горецкий В.В.</i>	
О приваривании электродов при электроискровом легировании	19
<i>Иванов Н.И., Волков Б.В.</i>	
Исследование кинетики формирования Т-образных соединений малогабаритных деталей при контактной сварке с комбинированным механизмом осадки	22
<i>Толкушев А.А., Евдокимов С.В.</i>	
Возможности использования порошка твердого сплава ВК6, полученного электроэрозионным диспергированием при повышении механических свойств отливок из стали 35Л при литье по выплавляемым моделям	25
<i>Сергеев С.А., Дмитракова Т.В., Фомина К.Н.</i>	
Оптимальное проектирование цепных муфт	29
<i>Куц В.В., Учаев П.Н., Попрушко Е.Ю.</i>	
Проектирование шпиндельного узла токарного станка на основе подхода «сверху вниз»	33
<i>Сторублев М.Л.</i>	
Параметрическая оценка функции потерь качества технологического процесса	38
<i>Скиба Н.С., Морозова О.Л.</i>	
Анализ подходов управления проектами в рамках разработки системы организации и рационализации рабочего места	43
<i>Масленников А.В., Чевычелов С.А., Гвоздев Д.И., Мерзоева М.С., Гатиев М.Ш.</i>	
Анализ эффективности процесса вибрационного формообразования отверстий	47
<i>Романенко Д.Н.</i>	
Исследование композита стали Р6М5Ф3 с электроискровым покрытием из порошкового электрода ВК8, полученного методом электроэрозионного диспергирования с 10% добавкой самофлюсующегося сплава ПГ-СР2	52

УДК 658.5

О.В. Аникеева, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: olesya-anikeeva@yandex.ru)

А.Г. Ивахненко, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет
(Курск) (e-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ПРИ РЕМОНТЕ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Предложены стратегии ремонта металлорезающих станков. Представлена математическая модель для оптимизации восстанавливаемых при ремонте значений показателей геометрической точности станков.

Ключевые слова: модель, ремонт, стратегия, металлорезающий станок, межремонтный период, оптимизация.

Для рационализации ремонтного цикла металлорезающего станка (МРС) необходимо знать, до каких начальных значений δw_{ij}^n необходимо восстановить показатели геометрической точности (ПГТ) станка (в заданных экспертами предприятия интервалах значений), чтобы период $T\delta w_{ij}$ между восстановлениями значений для каждого из них составлял необходимое количество часов. Здесь δw_{ij} – составляющие звенья размерной цепи, составленной из балансов геометрической точности МРС, – показатели геометрической точности i -го узла станка.

Значения δw_{ij} могут совпадать с показателями δq_i^j – составляющими балансов геометрической точности при обработке простых поверхностей (например, торцевой). При обработке сложных поверхностей (например, винтовая) $\delta w_{ij} = f(\delta q_i^j)$; в этом случае $\delta q_i^j \subseteq \delta w_{ij}^j$ определяются дополнительно ($i = 0 \dots a$ – номер узла станка; a – число узлов станка, $j = 1 \dots 6$ – степени свободы). При этом решение задачи оптимизации значений ПГТ МРС является важным этапом при установлении межремонтного периода для МРС, т.е. для принятия решения по выбору стратегии его ремонта.

Постановка задачи оптимизации состоит из составления целевой функции и определения функциональных и параметрических ограничений.

В работе предложены две целевые функции:

1) при многокритериальной модели оптимизации – система целевых функций вида

$$\forall \delta w_{ij} \subseteq \Delta rc_n : \bigcup \delta w_{ij}^n \rightarrow \max, \quad (1)$$

где Δrc_n – преобразованное уравнение баланса нормальных погрешностей в уравнение РЦ для n -й обрабатываемой поверхности на МРС;

2) при однокритериальной оптимизации – целевая функция, представляющая собой линейную свертку (1) вида

$$\begin{aligned} \forall \delta w_{ij} \subseteq \Delta rc_n : f(\delta w) = \\ = \sum_{i=0}^{a-1} \sum_{j=1}^6 M_{ij} \delta w_{ij}^n \rightarrow \max, \quad (2) \end{aligned}$$

где M_{ij} – коэффициент, отражающий техническую и экономическую сложность восстановления показателя δw_{ij} до начального значения (находится экспертными методами, $0 \leq M_{ij} \leq 1$,

$$\sum_{i=0}^{a-1} \sum_{j=1}^6 M_{ij} \leq 6a).$$

В обоих случаях ищут максимум целевой функции, т. к. необходимо найти максимально возможные значения ПГТ для ослабления требований к техническим и экономическим возможностям предприятия.

Функциональные и параметрические ограничения при постановке задачи оптимизации начальных значений показателей геометрической точности станка имеют вид

$$\begin{cases} \delta w_{ij}^{\min} \leq w_{ij} \leq \delta w_{ij}^{\max}; \\ \Delta rc_n \leq k \Delta^n; \\ f(R) \leq \Delta R; \\ \delta w_{ij \Delta rc_n}^{\min} \leq \delta w_{ij \Delta rc_n} - v_{ij} T_{ij} \delta w_{ij}, \end{cases} \quad (3)$$

где δw_{ij}^{\min} и δw_{ij}^{\max} – минимальное и максимальное начальные значения отклонений ПГТ i -го узла станка; k – коэффициент, учитывающий долю влияния геометрических погрешностей узлов формообразующей системы на общую величину погрешности обработки; Δ^n – значение погрешности обработки, устанавливаемое из заданных требований к точности поверхности n ; $f(R)$ – выражение, отражающее связь отклонений расположения поверхностей от ПГТ МРС; ΔR – значение погрешности отклонения расположения поверхностей; $\delta w_{ij \Delta rc_n}^{\min}$ и $\delta w_{ij \Delta rc_n}$ – минимальное начальное и текущее значения отклонений показателя геометрической точности i -го узла станка, определяемые с помощью преобразованных уравнений балансов нормальных погрешностей при обработке поверхности n ; v_{ij} – среднее значение скорости изменения значения показателя δw_{ij} , мкм/год или рад/год (определяется экспериментальным путем).

Первое выражение системы (3) устанавливает ограничения для значений ПГТ МРС, определяемые по ГОСТ на нормы точности станка или на основании экспериментальных данных.

Второе выражение системы (3) устанавливает ограничения для значений ПГТ МРС, составленные с помощью уравнений балансов геометрической точности МРС и измеренных с использованием тестовой детали значений погрешностей обработки поверхностей. Выражение ограничений необходимо преобразовать в размерные цепи и вычислять согласно представленным методам расчета размерных цепей.

Третье выражение системы (3) устанавливает ограничения для значений ПГТ МРС, составленные с помощью выражений, отражающих связь отклонений расположения поверхностей от ПГТ МРС и определяемых по ГОСТ на допуски формы и расположения поверхностей.

Четвертое выражение системы (3) устанавливает ограничения для значений ПГТ МРС, составленные с помощью определенных из преобразованных уравнений балансов геометрической точности МРС (размерных цепей) значений показателей геометрической точности МРС, средних значений скоростей изменения значений показателей, а также максимальных значений межремонтных периодов, определенных из выражения (4).

Исследование изменения показателей геометрической точности МРС, проведенное в нормальных условиях эксплуатации [1, 2], показало, что рассмотренные изменения подчиняются линейной зависимости:

$$\delta w_{ij}^{\max} = \delta w_{ij}^{\min} + v_{ij} T \delta w_{ij}. \quad (4)$$

Параметрические ограничения имеют вид

$$0 \leq T \delta w_{ij} \leq k' \cdot T \delta w_{ij}^{\max}, \quad (5)$$

где $T \delta w_{ij}^{\max}$ – максимальное значение времени между восстановлениями значений ПГТ δw_{ij} узлов МРС до требуемых значений, ч; $k' \in (0,1)$ – коэффициент запаса времени, задаваемый экспертами предприятия для исключения возникно-

вения параметрического отказа вследствие вероятностного характера протекающего процесса изнашивания и разброса значений скоростей v_{ij} .

Множество составляющих погрешности каждого узла U_i ФС МРС имеет вид

$$U_i = \{\delta w_{ij}\}. \quad (6)$$

Тогда время межремонтного периода для узла U_i ФС МРС имеет вид

$$TU_i = f\{T\delta w_{ij}\}, \quad (7)$$

где $T\delta w_{ij}$ – период между восстановлениями значений показателей δw_{ij} геометрической точности, принадлежащих узлу U_i ФС МРС, до требуемых значений.

Решение о ремонте МРС принимают исходя из значений его ПГТ, поэтому при принятии решения о выборе стратегии ремонта МРС необходимо определить время достижения всех ПГТ станка предельных значений

Выбор стратегии S ремонта узла ФС станка предлагается осуществлять из предложенных ниже вариантов.

S1. Стратегия неодновременного ремонта (ремонта по фактическому состоянию): время начала ремонта каждого из узлов U_i ФС станка совпадает со временем достижения значений ПГТ δw_{ij} узла U_i предельных значений: $TU_i = T\delta w_{ij}$.

S2. Стратегия одновременного ремонта: время начала ремонта узла U_i ФС станка совпадает с кратчайшим временем достижения значения одного из ПГТ δw_{ij} узла U_i предельного значения: $TU_i = \min\{T\delta w_{ij}\}$. При этом после достижения ПГТ станка предельных значений (рис.) необходимо определить $\min\{T\delta w_{ij}\}$ для каждого из узлов U_i .

При выборе данной стратегии восстановлению должны подлежать все значения ПГТ узла U_i ФС станка, период $T\delta w_{ij}$ между восстановлениями которых удовлетворяет условию $T\delta w_{ij} < 2 \cdot \min\{T\delta w_{ij}\}$.

S3. Комбинированная стратегия: в зависимости от типа и объема производства, а также ситуационного планирования процесса выпуска продукции эксперты предприятия принимают комбинированную стратегию, долю участия стратегий $S1$ и $S2$ в которой определяют самостоятельно: $S3 = f(S1, S2)$.

Определение возможности реализации выбранной стратегии происходит исходя из технических, финансовых и кадровых возможностей предприятия.

Таким образом, приняв к использованию выбранную стратегию, находим начальные значения $\delta w''_{ij}$, до которых необходимо восстановить ПГТ станка.

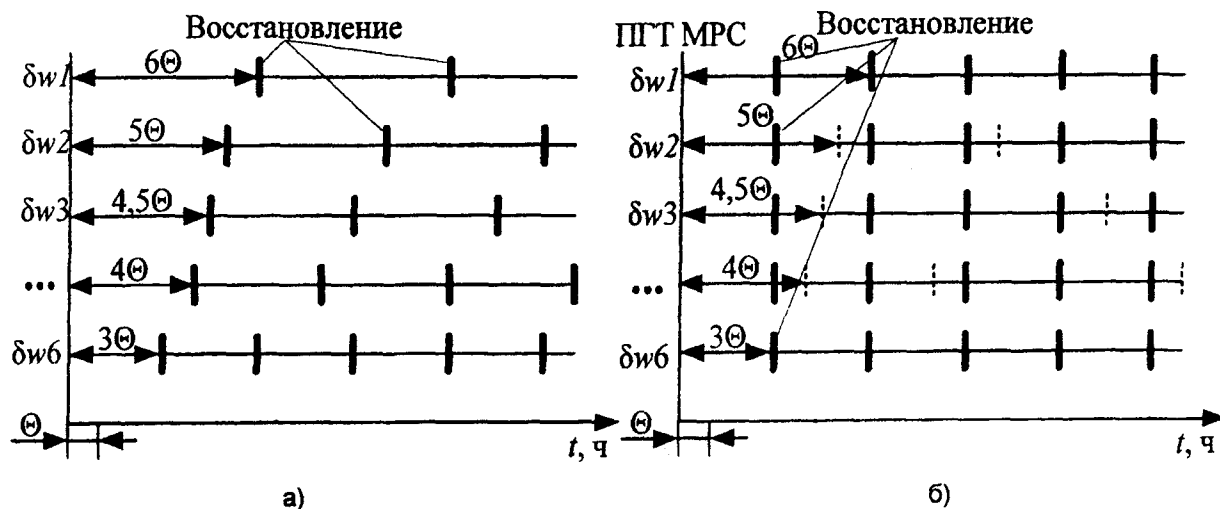


Рис. Достижение предельных значений ПГТ станка при выборе стратегий (δw_{ij} принадлежат одному узлу): а – S1; б – S2

Для принятия решения о ремонте нескольких узлов станка необходимо пользоваться основанными на $S1$, $S2$ и $S3$ стратегиями $SS1$: $T_{MPC} = TU_i$, $SS2$: $T_{MPC} = \min\{TU_i\}$ при $TU_i < 2 \cdot \min\{TU_i\}$ и $SS3 = f(SS1, SS2)$. Подобным образом принимается решение и о ремонте группы станков.

После принятия решения о ремонте каждого из узлов MPC вид ремонта MPC определяется согласно классификации, принятой в системе планово-предупредительного ремонта [3]. Так, при малом ремонте выполняется разборка шпиндельного узла, при среднем – частичная разборка станка, при капитальном – полная разборка станка и всех его узлов.

В целом, математическая модель для оптимизации восстанавливаемых при ремонте значений показателей геометрической точности станков имеет вид

$$\begin{aligned} & \forall \delta w_{ij} \subseteq \Delta rc_n : \bigcup \delta w_{ij}^n \rightarrow \max \vee \\ & \forall \delta w_{ij} \subseteq \Delta rc_n : f(\delta w) = \sum_{i=0}^{a-1} \sum_{j=1}^6 M_{ij} \delta w_{ij}^n \rightarrow \max ; \\ & 0 \leq M_{ij} \leq 1, \sum_{i=0}^{a-1} \sum_{j=1}^6 M_{ij} \leq 6a; \\ & \begin{cases} \delta w_{ij}^{\min} \leq \delta w_{ij} \leq \delta w_{ij}^{\max}; \Delta rc_n \leq k \Delta^n : k \in [0,3;0,5]; \\ f(R) \leq \Delta R; \delta w_{ij}^{\min} \leq \delta w_{ij} \Delta rc_n - v_{ij} T \delta w_{ij}; \\ 0 \leq T \delta w_{ij} \leq k' T \delta w_{ij}^{\max}, k' \in [0,1); \\ S(T) : TU_i = T \delta w_{ij} \vee TU_i = \min\{T \delta w_{ij}\}; \\ T \delta w_{ij} < 2 \min\{T \delta w_{ij}\} \vee f(T \delta w_{ij}, \min\{T \delta w_{ij}\}); \\ \{W_{ij}\} = \delta w_{ij}^n(S(T)) - \text{решение,} \end{cases} \end{aligned}$$

где $\{W_{ij}\}$ – множество решений задачи оптимизации.

Составленная математическая модель позволяет не только оптимизировать восстанавливаемые при ремонте значения показателей геометрической точности металлорежущих станков, но и поддерживать принятие решения при выборе стратегии ремонта станка.

Список литературы

1. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1986. 336 с.
2. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справ. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. 360 с.
3. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий / под ред. М.О. Якобсона. Изд. 6-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1967. 596 с.

Получено 30.08.12

O.V. Anikeeva, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: olesya-anikeeva@yandex.ru)

A.G. Ivakhnenko, Doctor of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)

MATHEMATICAL MODEL FOR AN OPTIMIZATION OF RESTORED DURING REPAIR VALUES OF METAL-CUTTING MACHINE TOOLS' GEOMETRIC ACCURACY INDICATORS

Repair strategies of metal-cutting machine tools are offered. A mathematical model for an optimization of restored during repair values of machine tools' geometric accuracy indicators.

Key words: model, repair, strategy, metal-cutting machine tool, overhaul period, optimization.