

НОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Леонид Роговский¹, Оксана Зазимко¹, Сергей Кюрчев², Наталья Болтыанская²

*¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Украина, г. Киев, ул. Героев Обороны, 15*

*²Таврический государственный агротехнологический университет
Украина, г. Мелитополь, пр. Богдана Хмельницкого, 18*

Leonid Rogovskiy¹, Oksana Zazimko¹, Sergei Kyurchev², Natalia Boltyanskaya²

*¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony Str., 15, Kiev, Ukraine*

²Taurian State Agrotechnological University

Avenue Bohdan Khmelnytsky, 18, Melitopol, Ukraine

Аннотация. Составлена математическая модель нормирования времени механической обработки в общем виде. Исследованы характеристики деталей типа “ступенчатый вал”. По результатам исследования составлена математическая модель нормирования времени механической обработки ступенчатых валов.

Ключевые слова: норма времени, математическая модель нормирования, характеристики деталей.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Время, которое тратится на изготовление деталей, является определяющим фактором при построению производственного процесса. Нормы времени является основой для оплаты труда, расчетов себестоимости готовой продукции, продолжительности производственного цикла, необходимого количества станков, инструмента и рабочих, а также планирование всего производства.

Норма искусственного времени определяется на основании расчетов основного времени, частица которого в общей норме искусственного времени наиболее значительная. Все другие составляющие искусственного времени нормируются в процентах к основному времени. При этом если для аппаратурных технологических процессов (термических, гальванических и т.п.) основное время определяется на основании паспортных данных оборудования, то для механической обработки необходимо проведение соответствующих расчетов. Расчеты основного времени механической обработки мо-

жет осуществляться аналитически-расчетным и аналитически-исследовательским методами. При аналитически-расчетном методе нормы затрат работы рассчитываются на основе карт технологического процесса производства деталей. Этот метод есть наиболее теоретически обоснованным. Однако при этом установление технических норм времени осуществляется на завершающем этапе разработки технологического процесса, который чрезвычайно замедляет и усложняет процесс нормирования.

Аналитически-исследовательский метод является более точным методом установления технических норм времени, чем аналитически-расчетный. Однако в мелкосерийном и единичном производствах, которые не имеют в отличие от крупносерийного и массового производств стойкой номенклатуры обрабатываемых деталей, применение аналитически-исследовательского метода, который требует много времени и затрат работы квалифицированного работника по техническому нормированию, не оправдывается. Особенно остро проблема быстрого определения норм времени возникает в процессе технико-коммерческого прodelывания заказов, когда необходимо в сжатый срок оценить себестоимость продукции и сроки выполнения заказа. Такая проблема актуальна, прежде всего, для предприятий трудного машиностроения, где преобладает единичное и мелкосерийное производство. Поэтому в единичном и мелкосерийном производствах определения нормы времени часто проводится по типичным нормам,

которые составлены аналитическим методом для типичных технологических процессов.

Таким образом, в условиях единичного и мелкосерийного производства остро стоит проблема быстрой и качественной оценки трудоемкости изготовления деталей на стадии технико-коммерческого прodelывания проекта.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как показал проведенный анализ структуры затрат рабочего времени, в общей норме искусственного времени наиболее значительная частица основного времени, которое может доходить до 80 % [1]. Поэтому обычно при определении трудоемкости изготовления продукции рассчитывается основное время, а все другие составляющие нормируются в процентах от основного [2]. В то же время расчеты основного времени является завершающим этапом проектирования технологического процесса [3]. При этом основное место в большинстве областей машиностроения занимает обработка металлов снятием стружки на металлорежущих станках разных типов [4]. В мелкосерийном и единичном производствах удельный вес механической обработки представляет до 90 % общей трудоемкости изготовления изделий.

Анализ опыта применения существующих методов нормирования мехобработки деталей оказал трудности их использования на предприятиях с высокой вариативностью номенклатуры обрабатываемых деталей характерной для мелкосерийного и единичного производств [5-7]. Так аналитически-исследовательский метод практически не применяется на таких предприятиях, поскольку отсутствие стойкой номенклатуры обрабатываемых деталей исключает возможность изучения и анализа каждой нормированной операции на рабочем месте. Аналитически-расчетный метод требует много затрат времени и работы квалифицированного технолога и часто не позволяет в приемлемый срок выполнить технико-коммерческое прodelывание заказа [8]. Применение же метода нормирования по типичным деталям часто дает высокую погрешность (до 30 %), потому что в условиях

единичного производства через значительные конструктивные расхождения между нормированной деталью и деталью-аналогом бывает очень сложно оценить различие в нормах времени [9].

Частичное решение проблемы сокращения времени проведения нормировочных работ решается в рамках создания систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) [10]. Однако САПР ТП позволяет лишь автоматизировать технологическую подготовку и не дает возможности определения норм времени без проектирования технологического процесса [11].

Исходя из проведенного анализа методов нормирования и производственного опыта, для сокращения сроков и снижения трудоемкости проведения нормировочных работ поставленная цель разработки методики определения норм времени без предыдущего проектирования технологического процесса изготовления детали. Точность расчетов норм при этом не должна быть ниже соответствующей нормативной точности [12].

Набор признаков, которые обуславливают трудоемкость их изготовления. Тогда, учитывая то, что в единичном и мелкосерийном производствах детали, как правило, обделываются последовательно, в общем виде процедуру нормирования будет описывать следующая система [13]:

$$\begin{cases} T_i = f_i(\bar{X}_i) \\ T_o = f_o(\bar{X}_o) \\ T_o = \sum_{i=1}^n T_i \\ \bar{X}_o^{\min} \leq \bar{X}_o \leq \bar{X}_o^{\max} \end{cases} \quad (1)$$

где: $i = 1 \dots n$ – номер технологической операции; n – число технологических операций; T_i – норма времени на выполнение i -той технологической операции; T_o – общая норма времени на изготовление детали; f_i и f_o – соответственно функции, которые описывают зависимость нормы времени на выполнение i -той технологической операции и общей нормы времени от характеристик детали; \bar{X}_o – вектор характеристик детали; \bar{X}_i – векторы характеристик детали, которые влияют на

НОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

величину T_i ; \bar{X}_o^{\min} и \bar{X}_o^{\max} – соответственно векторы минимальных и максимальных значений вектора \bar{X}_o .

Компоненты векторов \bar{X}_i выбираются из числа компонентов вектора \bar{X}_o . Значение \bar{X}_i и \bar{X}_o^{\max} задают границы области проектирования и могут быть определены или как минимальное и максимальное значения соответствующей характеристики среди всех деталей группы, или задаваться исходя из характеристик деталей, для которых предполагается выполнять нормирование [14-15].

На примере группы ступенчатых валов, которые является широко распространенным типом деталей и присутствующие практически в каждой машине или механизме, был проведен анализ факторов, которые влияют на продолжительность технологических операций, который позволил сгруппировать выявленные факторы согласно трех категорий: “Масса и габаритные размеры”, “Конструктивные особенности” и “Характеристики поверхностей”. Категории имеют следующую структуру [16-21]:

1. Категория “Масса и габаритные размеры”:

- масса вала – m ;
- длина вала – L ;
- максимальный (D_{\max}) и минимальный (D_{\min}) диаметры степеней вала;

2. Категория “Конструктивные особенности”:

- число степеней на вале – $n_{ст}$, пазов – $n_{п}$, отверстий – n_o , резьб – n_r и проточек – $n_{пр}$;

3. Категория “Характеристики поверхностей”:

- твердость поверхности вала по Бринеллю – HB ;
- минимальная шершавость поверхностей – Ra_{\min} ;
- минимальный квалитет точности диаметральных размеров – h_{\min} ;
- средняя точность диаметральных размеров детали – $h_{ср}$;
- средняя шершавость поверхностей детали – $Ra_{ср}$;
- коэффициент высокоточных (K_h) и высокочистых (K_{Ra}) поверхностей.

Коэффициенты высокоточных и высокочистых поверхностей оценивают частицу степеней вала с высокими требованиями, для

достижения которых необходимо применение абразивной обработки поверхностей. Исходя из возможностей методов механической обработки, к высокоточным можно отнести поверхности с 7 квалитетом точности диаметральных размеров и ниже, а к высокочистым – поверхности с шершавостью Ra 3,2 мкм и ниже.

Коэффициенты исчисляются по следующим формулам:

– коэффициент высокоточных поверхностей:

$$K_h = \frac{\sum_{i=1}^{n3} l_i}{L}, \quad (2)$$

где: $n3$ – число квалитетов, отнесенных высокоточных;

l_i – суммарная длина поверхностей с высокими квалитетами точности;

L – общая длина детали.

– коэффициент поверхностей с низкой шершавостью:

$$K_{Ra} = \frac{\sum_{i=1}^{n4} l_i}{L}, \quad (3)$$

где: $n4$ – число стандартных значений шершавости, отнесенных низких;

l_i – суммарная длина поверхностей с низкой шершавостью.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью исследования является усовершенствования нормирования времени механической обработки деталей в условиях единичного и мелкосерийного производства с помощью разработки методики определения норм времени механической обработки деталей без предыдущего проектирования технологического процесса изготовления детали.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ карт технологических процессов производства ступенчатых валов показал, что для обработки ступенчатых валов применяется 4 типа технологических операций: токарная, расточная, фрезерная и шлифовальная. Общее время изготовления валов определяется как сумма норм времени по операциям. Тогда математическая модель нормирования времени механической обработки ступенчатых валов будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_T = f_T(\bar{X}_T) = f_T(m, L, D_{\max}, D_{\min}, n_{CT}, n_{II}, n_P, n_{PP}, Ra_{\min}, h_{\min}, K_{Ra}, K_h, Ra_{cp}, h_{cp}, HB) \\ T_P = f_P(\bar{X}_P) = f_P(m, L, D_{\max}, D_{\min}, n_{II}, n_O, n_{CT}, n_{PP}, K_{Ra}, K_h, Ra_{cp}, h_{cp}, HB) \\ T_\Phi = f_\Phi(\bar{X}_\Phi) = f_\Phi(m, L, D_{\max}, D_{\min}, n_{II}, n_{CT}, n_{PP}, K_{Ra}, K_h, Ra_{cp}, h_{cp}, HB) \\ T_{III} = f_{III}(\bar{X}_{III}) = f_{III}(m, L, D_{\max}, D_{\min}, n_{CT}, n_{II}, n_{PP}, Ra_{\min}, h_{\min}, K_{Ra}, K_h, Ra_{cp}, h_{cp}, HB) \\ T_O = f_O(\bar{X}_O) = f_O(m, L, D_{\max}, D_{\min}, n_{CT}, n_{II}, n_P, n_{PP}, n_O, Ra_{\min}, h_{\min}, K_{Ra}, K_h, Ra_{cp}, h_{cp}, HB) \\ T_O = T_T + T_P + T_\Phi + T_{III} \\ \bar{X}_O^{\min} \leq \bar{X}_O \leq \bar{X}_O^{\max} \end{array} \right. \quad (4)$$

где: $T_T, T_P, T_\Phi, T_{III}, T_O$ – соответственно нормы времени на токарную, расточную, фрезерную, шлифовальную операции и общее время обработки;

$f_T, f_P, f_\Phi, f_{III}, f_O$ – зависимости между нормами времени на соответствующие технологические операции, общим временем обработки и характеристиками детали;

$\bar{X}_T, \bar{X}_P, \bar{X}_\Phi, \bar{X}_{III}, \bar{X}_O$ – векторы характеристик детали, которые влияют на продолжительность соответствующей технологической операции и общее время обработки.

Следует отметить, что не существует аналитических выражений, которые описывают зависимость норм времени на обработку от характеристик деталей. Сложность формализации влияния факторов на время обработки возникает через многопараметрического технологического процесса изготовления деталей. Отдельные факторы и их соединения предоставляют явное и скрытое влияние на ход и структуру производства детали, меняя тем самым трудоемкость производства и ее распределение по видам технологических операций. Причем ряд факторов одновременно могут так влиять на разные параметры технологического процесса, что их изменение приводит как к снижению, так и к увеличению времени обработки.

Для реализации этого подхода предлагается применения нейросетевых технологий. Как исходная информация для обучения нейросетей используются данные о деталях, изготовленных в предыдущих периодах. Значение компонентов вектора характеристик деталей выбираются из чертежей деталей, а значение норм времени из соответствующих карт технологических процессов. Применение нейронных сетей позволит построить модель способную не только инте-

грировать, но и обобщать теоретические знания и производственный опыт, заложенные в технологических процессах деталей группы. Для реализации модели нормирования (1) в нейросетевому логическом базисе, построенная система технического нормирования времени мехобработки деталей, структурная схема которой представлена на рис. 1.

Система составляется с $n+1$ модулей, которые представляют собой независимые нейронные сети – $НМ_i$ ($i = 1 \dots n$, n – число технологических операций, которые используются для обработки детали). На входы подаются m_i характеристик деталей из набора \bar{X}_O . На выходах сетей формируются сигналы T_i . Если какая-нибудь характеристика детали отсутствующая, то на соответствующий вход подается нуль. При отсутствии какого-нибудь вида технологической операции, на соответствующем выходе также формируется нуль. С помощью отдельной $НМ_0$ определяется общее время механической обработки изделия (T_O). Параллельно общее время рассчитывается как сумма прогнозных норм времени механической обработки детали по операциям ($T_{сум}$). Полученные величины подаются на сумматор, который выполняет функцию сравнения. Сумматор выдает величину D , что характеризует расхождение между суммой прогнозов по операциям и прогнозом общего времени. Низкая величина D позволяет судить о высокой достоверности прогноза. В качестве нейронных модулей системы используются трехслойные с распределительными нейронами во входном пласте, нейроном типа “адаптивный сумматор” в скрытом пласте:

$$\varphi(s) = \frac{2}{1 + e^{s+\alpha}} - 1, \quad (5)$$

где: $\varphi(s)$ – нейронный сдвиг; s – взвешенная сумма входного сигнала.

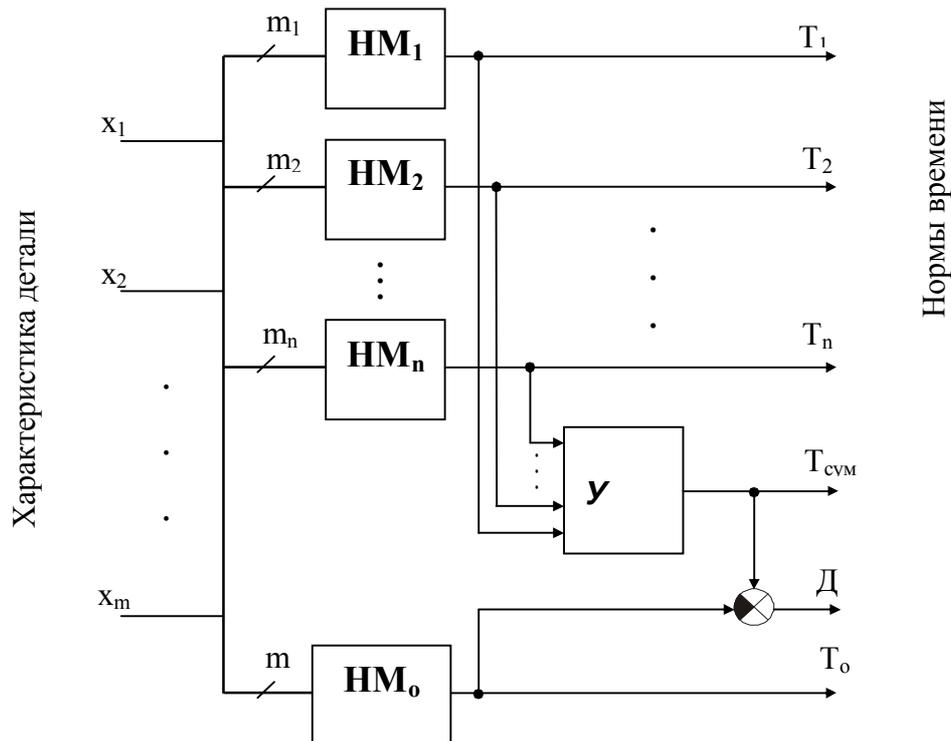


Рис. 1. Структурная схема системы технического нормирования времени механической обработки деталей

Fig. 1. Block diagram of the system of technical regulation time mechanical treatment of details

Тогда каждый нейронный модуль будет реализовывать аналитическое преобразование входного пространства характеристик деталей в исходное пространство норм времени с помощью функции:

$$T(x_1, x_2, \dots, x_m) = \sum_{j=1}^{N_H} \left(\frac{2w_{3j}}{1 + \exp\left(\sum_{i=1}^m x_i w_{2ji} + \alpha_j\right)} - w_{3j} \right), \quad (6)$$

где: T – норма времени на технологическую операцию;

x_i – характеристики детали ($i = 1 \dots m$);

m – число характеристик детали, которые влияют на величину нормы времени;

w_{3j} – весовые коэффициенты исходного нейрона ($j = 1 \dots N_H$);

N_H – количество нейронов в скрытом пласте;

w_{2ji} – весовые коэффициенты j -го нейрона скрытого пласта;

α_j – коэффициент сдвига j -го скрытого нейрона.

Предложенная система нормирования времени может использоваться при технико-коммерческом прodelывании заказов.

Из отдела маркетинга поступает требование технико-коммерческого прodelывания заказа в отдел Главного конструктора, который передает комплект чертежей деталей в отдел Главного технолога для определения трудоемкости мехобработки. Согласно принятой системе классификации деталей идентифицируется группа, к которой принадлежит каждая деталь, и по номеру группы выбирается система, наученная нормированию в этой группе. Факторы, которые описывают деталь, подаются на входы системы через данные, что переводит исходные дани в формат по формуле:

$$x_i' = \frac{\left(x_i N_p - \sum_{i=1}^{N_p} x_i \right) \sqrt{N_p(N_p - 1)}}{N_p \sqrt{N_p \sum_{i=1}^{N_p} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N_p} x_i \right)^2}}, \quad (7)$$

где: N_p – количество примеров в учебной выборке.

Интерпретатор ответа превращает исходные сигналы нейронных модулей в нормы времени по формуле:

$$T^H = \frac{(T^c + N_H)(T_{\max} - T_{\min})}{2N_H} + T_{\min}, \quad (8)$$

где: T^c – исходный сигнал сети; T_{\min} и T_{\max} – соответственно минимальное и максимальное значения нормы времени на технологическую операцию в учебной выборке, а также выполняет фильтрацию шума по формуле:

$$T = \begin{cases} T, & T > T'_{\min} \delta_{\max} \\ 0, & T < T'_{\min} \delta_{\max}, \end{cases} \quad (9)$$

где: T'_{\min} – минимальное отличное от нуля значения нормы времени для данной технологической операции в учебной выборке;

δ_{\max} – заданная максимально допустимая погрешность расчетов норм времени.

В режиме проектирования системы осуществляется проверка примеров на противоречивость и тождественность другим примерам, нормализацию входных сигналов по формуле (7) и исходных – по формуле:

$$T^H = \frac{2N_H(T - T_{\min})}{T_{\max} - T_{\min}} - N_H, \quad (10)$$

где: T – норма времени на технологическую операцию, а также выделение опорных примеров, формирование учебной и тестовой выборок и рандомизацию множества.

Конструктор нейронных модулей обеспечивает формирование пластов. Число нейронов входных пластов равняется числу входных сигналов модулей. В исходном пласте содержится один нейрон. Минимальное число скрытых нейронов определяется по формуле:

$$N_{H_{\min}} = \max\{N_{H_{\min}}^L, N_{H_{\min}}^W\}, \quad (11)$$

где: $N_{H_{\min}}^L$ – число нейронов, обусловленное сложностью аппроксимации учебного множества; $N_{H_{\min}}^W$ – число нейронов, обусловленное объемом учебного множества:

$$N_{H_{\min}}^L = \frac{\max_{i \neq j} \frac{|T^i - T^j|}{\sqrt{\sum_{k=1}^{N_x} (x_k^i - x_k^j)^2}}}{\sqrt{N_x}}, \quad (12)$$

где: i, j – номер приклада в учебной выборке ($i, j = 1 \dots N_p$); $k = 1 \dots N_x$ – номер компонента входного вектора; N_x – размерность входного сигнала:

$$N_{H_{\min}}^W = \frac{N_p}{(1 + \log_2 N_p)(N_x + 1)}. \quad (13)$$

Блок оптимизации параметров нейрон-

ных модулей осуществляет настройку нейронных модулей путем минимизации функционала оптимизации нейросети:

$$Z(\bar{w}_2, \bar{w}_3, \bar{\alpha}) = \sum_{k=1}^{N_p} \left[T_k^{ob} - \sum_{j=1}^{N_H} \left(\frac{2w_{3j}}{1 + \exp\left(\sum_{i=1}^{N_x} x_i^k w_{2ji} + \alpha_j\right)} - w_{3j} \right) \right]^2 \rightarrow \min, \quad (14)$$

где: T_k^{ob} – норма времени в учебной выборке; \bar{w}_2 – вектор весовых коэффициентов нейронов скрытого пласта; \bar{w}_3 – вектор весовых коэффициентов исходного нейрона; $\bar{\alpha}$ – вектор сдвигов нейронов скрытого пласта.

Учитывая форму функционала оптимизации для минимизации наиболее эффективное применение метода Левенберга-Марквардта с задачей случайной стартовой точки.

Нейронный модуль полагает наученным при решении всех примеров учебной выборки с заданной точностью, то есть различие между нормой времени в учебной выборке и нормой времени, должна быть меньше величины:

$$|\Delta_{\max}| = \frac{2\delta_{\max} T^{\Phi} N_H}{T_{\max} - T_{\min}}, \quad (15)$$

где: T^{Φ} – значение нормы времени в учебной выборке.

В случае превышения погрешности работы нейронного модуля над заданной, число скрытых нейронов признается недостаточным для аппроксимации исходных данных с заданной точностью и в скрытый пласта вводится дополнительный нейрон. Добавление нейронов длится до тех пор, пока качество работы нейронного модуля не достигнет необходимого значения. При этом количество нейронов не превысит величины:

$$N_{H_{\max}} = \frac{\left(1 + \frac{N_p}{N_x}\right)(N_x + 2) + 1}{N_x + 1}. \quad (16)$$

По окончании настройки проверяется качество обобщения данных путем решения модулем примеров тестовой выборки. При неудовлетворительных результатах тестирования модуля необходимо повторить проце-

НОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

дуру настройки к достижению необходимых показателей качества.

В результате настройки системы для конкретного предприятия может оказаться, что часть характеристик детали не будет представлять влияния на точность расчетов норм времени. В этом случае такие характеристики можно будет исключить из рассмотрения, которое позволит сократить объемы привлекаемой для работы системы информации и повысить скорость расчетов. Для оптимизации структуры входов системы предложены использовать следующую оценку значимости входных сигналов:

$$\chi_i = \sum_{k=1}^{N_p} \left| \frac{\partial Z(x^k)}{\partial x_i} x_i^k \right|, \quad (17)$$

где: i – номер входного сигнала ($i = 1 \dots N_x$); k – номер приклада в учебной выборке ($k = 1 \dots N_p$); $Z(x^k)$ – оценка решения нейронной сетью k -го примера:

$$Z(x^k) = T_k^{об} - \sum_{j=1}^{N_H} \left(\frac{2w_{3j}}{1 + \exp\left(\sum_{i=1}^{N_x} x_i^k w_{2ji} + \alpha_j\right)} - w_{3j} \right). \quad (18)$$

В случае нулевой значимости фактора для всех нейронных модулей, этот фактор может быть исключен с состава входных сигналов модуля (на соответствующий вход подается 0). При анализе чертежей ступенчатых валов было выявлено, что минимальный квалитет точности диаметральных размеров (h_{min}) для всех деталей исходного массива равняется 6. Учитывая то, что для работы нейронной сети необходимая информация не об абсолютном значении фактора, а о его изменении, этом показатель был исключен из перечня входных данных как незначимый. Поэтому число входных сигналов нейронных модулей и соответственно число нейронов во входных пластах составило:

- для токарной операции $N_x^T = 14$;
- для расточной операции $N_x^P = 13$;
- для фрезерной операции $N_x^F = 12$;
- для шлифовальной операции $N_x^{III} = 13$;
- для общего времени обработки $N_x^O = 15$.

Число нейронов в скрытом пласте соста-

вило:

- для токарной операции $N_n^T = 4$;
- для расточной операции $N_n^P = 5$;
- для фрезерной операции $N_n^F = 3$;
- для шлифовальной операции $N_n^{III} = 4$;
- для общего времени обработки $N_n^O = 4$.

В результате тестирования нейронных модулей уровень относительной погрешности не превысил 10 %, что отвечает нормативной точности для серийного производства. Максимальный уровень относительной погрешности норм суммарное общего времени ниже, чем уровень погрешности прогнозируемых норм общего времени – соответственно 5,2 % и 10,0%. Соответствующие средние величины относительных погрешностей составили 2,3 % и 2,8 %. Таким образом, при суммировании прогнозов нейронных модулей наблюдается усреднения погрешности.

В то же время есть отдельные примеры, для которых прогноз нейронного модуля общего времени обработки есть более точным по сравнению с суммарному общим временем. Поэтому норму общего времени обработки детали необходимо выбирать из диапазона $[\min(T_o; T_{сум}); \max(T_o; T_{сум})]$. Широту этого диапазона можно оценить с помощью относительной величины расхождения между прогнозным и суммарным общим временем, максимальная величина которой составила 7,1 %.

В табл. 1 приведенные результаты расчетов показателей значимости факторов для каждого нейронного модуля. Как видно из таблицы, самую большую значимость для модуля токарной операции имеет длина вала (какая прямо пропорциональная времени обработки). Также высокую значимость имеют средние показатели точности диаметральных размеров и шершавости поверхности, повышение требований к которым увеличивает трудоемкость получения заданных показателей. Самую большую значимость для нормирования времени расточной операции имеет твердость поверхности вала, поскольку величина твердости определяет потребность в термообработке детали, после которой необходимо выполнять повторную обработку торцов вала (исправление центровых отверстий), что производится на расточных станках.

Таблица 1. Результаты расчетов значимости характеристик деталей для нейронных модулей
Table 1. Results of calculations for the importance of part characteristics of neural modules

Характеристика детали	Нейронный модуль				
	токарной операции	расточной операции	фрезерной операции	шлифовальной операции	общего времени
m	0,27	0,95	0,63	0,69	0,39
L	1,00	0,70	0,33	0,43	1,00
Dmax	0,52	0,67	1,00	0,59	0,32
Dmin	0,33	0,57	0,91	0,57	0,07
n _{ст}	0,17	0,31	0,45	1,00	0,10
n _п	0,04	0,31	0,72	0,05	0,09
n _р	0,14	–	–	–	0,03
n _{пр}	0,20	0,70	0,23	0,26	0,06
n _о	–	0,94	–	–	0,04
Ramin	0,12	–	–	0,14	0,03
K _{Ра}	0,34	0,47	0,33	0,98	0,06
K _h	0,25	0,29	0,75	0,03	0,00
Ra _{ср}	0,69	0,59	0,42	0,34	0,08
h _{ср}	0,75	0,74	0,75	0,28	0,04
HB	0,10	1,00	0,43	0,06	0,04

При этом обработка торцов занимает большую часть времени расточной операции. Также высокий уровень значимости имеет число отверстий, которые обделываются на расточном оборудовании, и масса вала, величина которой определяет размеры центровых гнезд. Самую большую значимость для нормирования времени фрезерной операции имеют величины максимального и минимального диаметров степеней вала, потому что именно на этих степенях обычно располагаются шпонковые пазы, которые в основном обделываются на фрезерных станках. Также сравнительно высокий уровень значимости имеет собственное число пазов и показатели, которые характеризуют требования к точности диаметральных размеров. Высокие требования к точности указывают на число поверхностей, которые совмещают, где часто предполагаются шпонковые пазы.

Для нейронного модуля шлифовальной операции наиболее значимым есть число степеней на вале, которые обычно предполагаются как посадочные места для деталей, которые совмещают, и имеют высокие требования к качеству их поверхности, а также коэффициент высокочистых поверхностей, величина которого обуславливает объем шлифовальных работ.

Для нейронного модуля общего времени

обработки, как и для токарной операции, самую большую значимость имеет длина детали, поскольку в исходной учебной выборке самый большой удельный вес в общем времени обработки валов среди всех технологических операций, как правило, имеют токарные работы.

Следует отметить, что на уровень показателей значимости будут влиять конкретные условия производства и особенности предприятия.

ВЫВОД

Разработанная система технического нормирования времени мехобработки есть специализированной моделью типичной детали. Система интегрирует и обобщает накопленный на предприятии производственно-технологический опыт и учитывает особенности этого предприятия. Система способна выполнять нормирование по операциям и таким способом задавать структуру производственного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Averchenkov, V.I. 2013: Progressivnyie tehnologii / V.I. Averchenkov. – Bryansk : Izd-vo BITM. – 156.

НОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

2. Arhangelskiy, A.Ya. 2012: Programmirovaniye v Delphi 6 / A.Ya. Arhangelskiy- M. : Binom. – 1117.
3. Bazrov, B.M. 2007: Osnovy tehnologii mashinostroeniya / B.M. Bazrov. M. : Mashinostroenie. – 736.
4. Bishutin, S.G. 2004: Obespechenie trebuyemyy sovokupnosti parametrov kachestva poverhnostnykh sloev detaley pri shlifovanii / S.G. Bishutin. – M. : Mashinostroenie-1. – 143.
5. Bobrov, V.V. 2010: Osnovy teorii rezaniya metallov / V. V. Bobrov. – M.: Mashinostroenie. – 344.
6. Ermakov, Yu.M. 2005: Kompleksnyye sposoby effektivnoy obrabotki rezaniem / Yu.M. Ermakov. M. : Mashinostroenie. – 271.
7. Ivanova, G.S. 2007: Ob'ektno-orientirovannoye programmirovaniye / G.S. Ivanova, T.N. Nichushkina, E.K. Pugachev ; pod red. G. S. Ivanovoy. – M. : Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana. – 366.
8. Inzheneriya poverhnosti detaley 2009: A.G. Suslov i dr. ; pod red. A.G. Suslova. – M. : Mashinostroenie. – 320.
9. Kachestvo mashin. 2005: Spravochnik. V 2 t. T. 1 / A.G. Suslov, E.D. Braun, H.A. Vitkevich i dr. M : Mashinostroenie. – 256.
10. Makarov, A.D. 2010: Optimizatsiya protsessov rezaniya / A.D. Makarov. M. : Mashinostroenie. – 278.
11. Ryizhov, E.V. 2009: Tehnologicheskoye obespechenie ekspluatatsionnykh svoystv detaley mashin / E.V. Ryizhov, A.G. Suslov, V.P. Fedorov. M : Mashinostroenie. – 176.
12. Suslov, A.G. 2003: Eksperimentalno-statisticheskiy metod obespecheniya kachestva poverhnosti detaley mashin / A.G. Suslov, O.A. Gorlenko. M.: Mashinostroenie. – 302.
13. Tehnologicheskaya nasledstvennost v mashinostroitel'nom proizvodstve. 2000: A.M. Dalskiy i dr.; pod red. A.M. Dalskogo. M : Izd-vo MAI. – 360.
14. Tehnologicheskiye osnovy upravleniya kachestvom mashin 2003: A.C. Vasilev i dr. M : Mashinostroenie. – 256.
15. Uvelicheniye resursa mashin tehnologicheskimi metodami. 2008: B.A. Doletskiy i dr. – M. : Mashinostroenie. – 216.
16. Yu.O. Faronov 2006: Programmirovaniye baz dannykh v Delphi 7 / V.V. Faronovi dr. – M. : Piter. – 458.
17. Yakubov, F.Ya. 2012: Energeticheskiye sootnosheniya protsessa mekhanicheskoy obrabotki materialov / F.Ya. Yakubov. «Fan». – 104.
18. Yascheritsyn, P.I. 2007: Tehnologicheskaya nasledstvennost v mashinostroenii / P.I. Yascheritsyn, E.V. Ryizhov, V.I. Averchenkov. Minsk : Nauka i tehnika. – 221.
19. Pilipaka S.F. 2013: Forma osi gibkoy neshhimaemoy polosi pri ee tolkanii po naklonnoy sherohovatoy ploskosti s postoyannoy skorostyu / S.F. Pilipaka, V.N. Babka, T.N. Zaharova // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – Tom 15, №4. – 198–205.
20. Chovnyuk Yu.V. 2011: Utochnena dynamichna model ruhu vizka z vantazhem na gnuchkomu pidvisi / Yu.V. Chovnyuk // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – Tom 13B – 130–137.
21. H.A. Abdel-Aal, 2005: On the role of intrinsic material response in failure of tribo systems, Wear 259 – 1372–1381.

RATIONING MACHINING PARTS OF REDUCED AGRICULTURAL MACHINERY

Summary. The questions linked to perfection of process of calculation of norms of time of machining of details under conditions of single-unit and small-scale manufacturing have been examined by means of development of technique of definition of norms of time with help of neural networks.

Key words: norm of time, mathematical model of calculation of norms of time, characteristic of details, importance of factors.