

5. Belevskiy L.S., Ismagilov, R.R., Moskvina V.M. Influence of fold on strip at stresses in rolls of four-high stand of cold sheet mill. // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov, 2010. №1. P. 46–49.
6. Belevskiy L.S., Ismagilov, R.R., Moskvina V.M. // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov, 2010. №2. P. 34–38.
7. Tretyakov A.V. and ot. Mechanical properties of metals and alloys in mechanical working. M.: Metallurgy, 1964. 324 p.
8. Zelikov A.I., Nikitin G.S., Rokotian S.E. The theory of lengthwise rolling. M.: Metallurgy, 1980. 280 p.
9. Anufriev I.A. MatLab 5.3/6.x. В.Х.В. S- Petersburg, 2002. 712 p.
10. Demidov S.P. Elasticity Theory. M.: Higher school, 1970. 432 p.
11. Krauch C., Stapfild M. The method of boundary elements in mechanics of rigid bodies. M.: Mir, 1987. 328 p.
12. Kadoshnikov V.I., Moskvina V.M., Belevskaya E.L. The design procedure of stressed state of working roll by boundary elements method. // Metallurg, 2008. №10. P. 63–66.
13. Moskvina V.M., Kadoshnikov V.I., Belevskaya E.L. Stress in cross plane of backing roll. // The production of rolled metal, 2007. № 8. P. 19–24.
14. Phorisenkov S.A., Lisizin S.P. The steel for cold rolls. Aut cert. №186697. Bulletin of inventions, 1966, №19.
15. Bashnin Y.A. The influence of means of smelting into structure and properties of steel for production of cold rolls. // Steel. 1984. №10. P. 65–69.
16. Belevskiy L.S., Ismagilov, R.R., Klochkov O.S. and ot. The Experience of exploitation of cast steel cold rolls. Collection 36. Magnitogorsk: MGТУ, 2010. P. 145–154.

УДК 621.923:658.53

Чаплыгин Б.А., Буторин Г.И.

## НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ И ДОВОДОЧНЫХ СТАНКАХ

Предложена новая концепция разработки нормативов режимов абразивной обработки, обеспечивающих металлообрабатывающие предприятия технологическими рекомендациями во всем диапазоне возможностей оборудования, номенклатуры режущего инструмента и схем обработки. Подготовлена новая редакция Общемашиностроительных нормативов режимов резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с ручным управлением и полуавтоматах. Данная редакция Общемашиностроительных нормативов максимально охватывает применяемые на практике виды и схемы обработок абразивными инструментами.

**Ключевые слова:** режимы резания, обшемашиностроительные нормативы, шлифовальный станок, доводочный станок, нормативная карта, схема шлифования, параметрическое соответствие.

The new concept of the development of the norms of the regimes of the abrasive working is proposed which provides the metalworking enterprises by technological recommendations in entire range of the capabilities of the equipment, the nomenclature of cutting tool and diagrams of the working. The new editorial staff of the total machine-building norms of cutting regimes for the works, carried out on polishing and finishing machines with the manual control and semiautomats is prepared. This editorial staff of total machine-building norms maximally covers the forms used in practice and abrasive tools processing diagrams.

**Key words:** The cutting regimes, the total machine-building norms, the grinding machine, the finishing machine, the normative card, the grinding diagram, the parametric correspondence.

**Введение.** На машиностроительных предприятиях доля металлорежущих станков, использующих абразивные инструменты, составляет в среднем около 25% от всего станочного парка. Зачастую эта величина значительно выше, например, на АвтоВАЗе она равна 38% [1], а на подшипниковых заводах достигает 80% [2]. Назначение режимов резания при проектировании станочных операций производится по нормативным справочникам, как правило, по обшемашиностроительным нормативам (ОМН).

Последнее издание ОМН режимов резания для работ, выполняемых на шлифовальных и доводочных станках, было осуществлено Центральным бюро нормативов по труду при НИИ труда Госкомтруда СССР в 1978 году [3], то есть более 30 лет назад. За истекший период появились новые виды абразивных инструментов, новые типы станков и новые виды технологических операций с использованием абразивных инструментов. Кроме того, к настоящему времени из-за физического износа справочников этого издания практически нет.

Отсутствие на машиностроительных предприятиях основного справочного материала по нормированию станочных работ, проектированию технологических процессов, оценке трудоёмкости и себестоимости обработки приводит к тому, что расчеты заменяются субъективными решениями мастеров и технологов (и целиком зависят от их квалификации).

Следствием этого является необоснованное снижение производительности на операциях абразивной обработки, увеличение их себестоимости, в том числе и за счет неправильной эксплуатации инструмента, так как в нормативах рекомендовались наиболее эффективные режимы эксплуатации каждого вида инструмента.

Учитывая экономические потери, вызванные отсутствием нормативов по режимам резания, подготовка новой редакции нормативов является актуальной задачей.

**Цель работы** – разработка нормативов режимов абразивной обработки, обеспечивающих металлообрабатывающие предприятия технологическими рекомендациями во всем диапазоне возможностей оборудования, номенклатуры режущего инструмента и схем обработки, то есть подготовка новой редакции Общемашиностроительных нормативов режимов резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках.

**Концепция и задачи нормативов режимов резания.** Нормативы режимов резания помимо определения трудоёмкости изготовления детали, что является основной задачей, должны решать еще две не менее важные [4]:

а) давать информацию по эффективной организации технологии обработки (способ установки, распределение припуска, режимы резания и т. д.);

б) определять область наиболее эффективного использования режущего инструмента (например, иметь рекомендации по выбору характеристики шлифовального круга).

Современное состояние науки о процессах резания не позволяет расчетным путем определять рациональные режимы резания и параметры режущего инструмента. Поэтому ОМН режимов резания традиционно строятся на базе опыта передовых машиностроительных и металлообрабатывающих отраслей. Естественным следствием такой методологии является ограниченность охвата вариантов технологических наладок в справочниках ОМН. В частности, отсутствуют технологические решения, не прошедшие барьер применимости. Для технологических решений, включенных в справочник, диапазоны учитываемых параметров оказываются ограниченными рамками номенклатуры изделий базовых отраслей, взятых за основу при разработке нормативов.

Что касается параметрической ограниченности, то, например, нормативы на круглое наружное шлифование предусматривают диапазон шлифуемых диаметров до 160 мм, в то время как станки тяжелой группы (ЗМ197, ЗМ194, ЗТ160 и др.), учтенные в таблице поправочных коэффициентов на жесткость станка, допускают обработку деталей диаметром до 450 мм [5]. Таким образом, для диаметров свыше 160 мм, которые могут обрабатываться на предусмотренных в справочнике станках, нормативы рекомендаций не дают.

Для подобных ситуаций ОМН рекомендуют подбирать режимы экспериментально при отработке наладочной партии деталей в процессе технологической подготовки производства. Для автоматизированного оборудования, которое работает в строгом соответствии с наладкой, существуют даже нормативы на объем наладочной партии и время ее обработки [6].

В условиях серийного производства на отработку технологии и, в частности, на экспериментальный подбор режимов резания, времени практически нет. Наиболее рациональным способом решения этой проблемы является перенесение ее решения на нормативные справочники. Как правило, портфель заказов машиностроительного предприятия формируется, исходя из возможностей имеющегося станочного парка и инструментального хозяйства. Поэтому в условиях современного динамичного многономенклатурного машиностроительного производства нормативы режимов резания, и в первую очередь Общемашиностроительные, приобретают новое назначение – **обеспечить металлообрабатывающие предприятия надежными технологическими рекомендациями во всем диапазоне возможностей оборудования, номенклатуры режущего инструмента и схем обработки.**

Изменившееся назначение нормативных справочников обуславливает и новую концепцию их разработки: максимальный охват возможных схем технологических наладок, а также обязательное параметрическое соответствие существующему оборудованию и номенклатуре режущего инструмента.

Новая концепция требует существенной переработки нормативных справочников. При этом пред-

ставляется целесообразным одновременно устранить и недоработки в методическом обеспечении существующих нормативов. В итоге формулируются следующие направления совершенствования ОМН.

1. Обязательное обеспечение адекватного параметрического соответствия диапазонов учитываемых параметров (размеров обрабатываемых поверхностей, размеров рабочего пространства станков, технологических параметров режущих инструментов).

2. Максимальный охват применяемых схем обработки (технологических наладок, режущих инструментов и материалов, способов организации процесса обработки и т. д.) путем учета известных ранее и включения появившихся новых.

3. Ликвидация недоработок в методическом обеспечении нормативов (разработать формальные алгоритмы коррекции режимов по обеспечению качества обрабатываемой поверхности, по мощности привода станка и т. д.), то есть алгоритмизация методики нормирования.

4. Доработка нормативных методик с целью повышения их адекватности реальным технологическим процессам. Например, шлифование – процесс цикловый, следовательно, необходимы рекомендации по организации цикла шлифования.

#### Реализация сформулированной концепции

**1. Обеспечение параметрического соответствия диапазонов учитываемых параметров и технологических условий обработки.** В рамках данного направления решение этих задач нашло отражение в трех видах нормативных карт: «Частота вращения заготовки», «Скорость подачи» и «Мощность, потребляемая на резание».

**Частота вращения заготовки.** Зависимость частоты вращения шлифуемой заготовки от диаметра в нормативном справочнике представляет собой таблицу заданную функцию  $n_d = f(D_d)$ , где  $n_d$  – частота вращения, а  $D_d$  – диаметр шлифуемой заготовки. Ее можно экстраполировать от представленного в справочнике диапазона (3–160 мм) до обеспечиваемого станками (3–450 мм), воспользовавшись известными методами аппроксимации с применением регрессионного анализа. Решить задачу позволяют стандартные программные средства MathCad, MS Excel.

Проработка трех вариантов такой экстраполяции – при использовании в качестве уравнения регрессии логарифмической, экспоненциальной и степенной функций – показала, что логарифмическая зависимость не подходит для экстраполяции, так как для больших диаметров частота вращения принимает отрицательные значения. По экспоненциальной зависимости с увеличением диаметров частота вращения стремится к нулю. Более корректна – степенная зависимость. Таким образом, хотя все три уравнения с достаточной точностью описывают исходную зависимость  $n_d = f(D_d)$  в диапазоне диаметров до 160 мм, на расширенном диапазоне, который превосходит исходный практически в три раза, они ведут себя по-разному. Поэтому нельзя с уверенностью сказать, что найденные по степенной зависимости значения частоты вращения заготовки достоверны. Необходимо применить гносеологический подход, который основан на выявлении физических закономерностей процесса шлифования.

В рамках проведенной работы построена математическая модель для процессов круглого шлифования, базирующаяся на учете физических закономерностей.

Шлифование – процесс теплонапряженный, и можно предположить, что зависимость  $n_d=f(D_d)$  построена на критерии постоянства температуры в зоне резания, обеспечивающей отсутствие прижогов на шлифуемой поверхности. Данную температуру можно рассматривать как функцию  $T=f(q, \tau)$ , где  $q$  – мощность теплового источника;  $\tau$  – время контакта обрабатываемой заготовки и шлифовального круга.

Время  $\tau$  зависит от длины дуги  $L$  контакта и от скорости вращения детали  $n_d$ .

Для времени  $\tau$  контакта заготовки со шлифовальным кругом и скорости вращения детали  $v$  имеем соответственно:

$$\tau = \frac{L}{v}, \quad (1)$$

$$L = \frac{2t(D-t)}{d+D-2t} \cdot \sqrt{\frac{d(d+D-2t)}{t(D-t)} - 1}, \quad (2)$$

где  $L$  – длина дуги контакта;  $d$  – диаметр обрабатываемой детали;  $D$  – диаметр шлифовального круга;  $t$  – глубина резания.

$$v = \frac{\pi d n_d}{1000}, \quad (3)$$

где  $n_d$  – частота вращения детали, об/мин.

Сопоставление длины дуги  $L$  и времени контакта  $\tau$  показало, что при постоянном диаметре круга и неизменной глубине резания время контакта при изменении диаметра заготовки практически остается постоянным. Следовательно, по времени  $\tau$  (по среднему значению) можно рассчитать частоту вращения заготовки в диапазоне диаметров 160–500 мм по формуле

$$n_d = \frac{1000 \cdot L}{\pi d \tau}. \quad (4)$$

Результаты расчетов показали, что частота вращения заготовки практически не зависит от глубины шлифования, а с увеличением диаметра круга возрастает незначительно. При увеличении диаметра круга с 300 до 1400 мм, то есть в 5 раз, число оборотов заготовки увеличивается на 30%. Из рассчитанных чисел оборотов для нормативного справочника необходимо выбрать максимальные, так как с увеличением частоты вращения уменьшается время контакта заготовки и шлифовального круга, что обеспечит отсутствие прижогов на шлифуемой поверхности.

Максимальный диаметр шлифовальных кругов прямого профиля, выпускаемых промышленностью, составляет 1400 мм [7]. Для них и проведен расчет частоты вращения заготовки.

**Определение скорости подачи на расширенном диапазоне диаметров.** Значения частоты вращения заготовки, рассчитанные по степенной зависимости и

по полученной аналитической модели (4), отличаются друг от друга несущественно. Поэтому для определения значений подачи на расширенном диапазоне диаметров применен метод аппроксимации.

**Расширение диапазона карты мощности, потребной на резание.** Мощность, потребная на резание, при круглом врезном шлифовании определяется по следующей формуле [8]:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot S_{об}^y \cdot d^q \cdot b, \quad (5)$$

где  $N$  – мощность шлифования, кВт;  $C_N=0,14$  – поправочный коэффициент;  $V_3$  – скорость вращения заготовки, м/мин;  $S_{об}$  – поперечная подача на оборот, мм/об;  $d$  – диаметр заготовки, мм;  $b$  – высота круга, мм;  $r=0,8$ ,  $y=0,8$ ,  $q=0,2$  – показатели степени.

Анализ карты мощности, потребной на резание, для круглого врезного шлифования [8] показал, что мощность пропорциональна длине шлифования. Поэтому можно предположить, что при неизменных материале, диаметре заготовки и минутной поперечной подаче удельная мощность шлифования будет постоянной. Расчеты показали, что удельная мощность практически постоянна для фиксированных значений диаметра заготовки, ее материала и минутной поперечной подачи (погрешность не превышает 5%). Таким образом, нормативную карту мощности шлифования можно привести к более простому виду, где длина шлифования отсутствует как входной параметр, а определяется удельная мощность.

Значения удельной мощности для диаметров свыше 160 мм можно рассчитать по формуле

$$N_{уд} = C_N \cdot V_3^r \cdot S_{об}^y \cdot d^q, \quad (6)$$

где  $N_{уд}$  – удельная мощность шлифования, кВт/мм.

Так как в нормативах входными параметрами являются не скорость вращения заготовки и подача на оборот, а частота вращения и минутная подача, то формулу (6) целесообразно преобразовать следующим образом:

$$N_{уд} = 0,14 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}\right)^{0,8} \cdot \left(\frac{S_{тм}}{n}\right)^{0,8} \cdot d^{0,2}, \quad (7)$$

где  $S_{тм}$  – минутная поперечная подача, мм/мин.

Упростив данную формулу, получим окончательное выражение

$$N_{уд} = 0,14 \cdot \left(\frac{\pi}{1000}\right)^{0,8} \cdot S_{тм}^{0,8} \cdot d. \quad (8)$$

По этой формуле и произведены расчеты удельной мощности шлифования.

**2. Новые виды обработки, включенные в сборник нормативов.** Из всего многообразия форм деталей доля шлифуемых наружных цилиндрических поверхностей, открытых с обеих сторон, составляет незначительную часть, остальные детали (ступенчатые валы, наружные поверхности втулок и т.п.) кроме шеек имеют еще и шлифуемые торцы.

В ОМН издания 1978 г. [3] режимы шлифования торцов даны при обработке на круглошлифовальных и внутришлифовальных станках торцом круга.

Совместное шлифование цилиндров и торцов нормативами не предусмотрено. В некоторой степени этот недостаток компенсируется тем, что для круглого наружного шлифования с осевой и радиальной подачей приведены поправочные коэффициенты, учитывающие случаи, когда при шлифовании шейки вала одновременно обрабатываются галтели (при радиальной подаче) или галтели и торцы (при осевой подаче).

На практике совместное шлифование шеек и торцов ступенчатых валов (и других подобных деталей) по одной из многих наладок находит широкое применение.

В итоге в новый нормативный справочник включены дополнительно перечисленные ниже схемы шлифования торцов и цилиндров (порознь и совместно).

Три разновидности шлифования торцов на круглошлифовальных станках:

- торцом круга прямого профиля с радиальной подачей;
- торцом круга прямого профиля с поднутрением с осевой подачей;
- торцом круга прямого профиля с поднутрением с радиальной подачей.

Три разновидности шлифования на торце-круглошлифовальных станках:

- цилиндра и торца (совместно) с угловой подачей;
- торцов с радиальной подачей;
- торцов с осевой подачей.

Кроме того, новая редакция нормативов дополнена еще следующими видами обработки.

Шлифование зубьев червячными кругами.

Плоское шлифование дисков на двухсторонних торцешлифовальных станках кругами с внутренним подводом СОЖ.

Алмазное хонингование отверстий.

Ленточное шлифование.

Две разновидности профильного шлифования, включающие 21 технологическую наладку:

а) На плоскошлифовальных станках – 14 наладок:

- шлифование уступов и элементов профиля «Ласточкина хвост» одной стороной профилированного круга;
- шлифование периферией непрофилированного круга при установке детали в синусных приспособлениях;
- шлифование многогранников;
- шлифование выпуклых радиусных поверхностей торцом непрофилированного круга;
- шлифование выпуклых радиусных поверхностей периферией непрофилированного круга;
- шлифование криволинейных поверхностей по копиру периферией непрофилированного круга;
- шлифование выпуклых криволинейных поверхностей по копиру торцом непрофилированного круга;
- шлифование криволинейных поверхностей по копиру периферией профилированного круга;
- шлифование криволинейных поверхностей по копиру торцом профилированного круга;

- шлифование сложных профилей периферией профилированного круга;

- шлифование выпуклых и вогнутых радиусных поверхностей периферией профилированного круга;

- шлифование угловых канавок профилированным кругом;

- шлифование пазов с радиусами периферией профилированного круга;

- шлифование фасок профилированным шлифовальным кругом.

б) На кругло- и резбошлифовальных станках – 7 наладок:

- шлифование криволинейных поверхностей по копиру периферией непрофилированного круга;

- шлифование криволинейных поверхностей по копиру периферией профилированного круга;

- шлифование выпуклых и вогнутых радиусных поверхностей периферией профилированного круга;

- шлифование угловых канавок периферией профилированного круга;

- шлифование сложных профильных деталей периферией профилированного круга;

- шлифование прямоугольных канавок профилированным кругом;

- шлифование прямых и наклонных торцовых поверхностей торцом профилированного круга.

Поскольку составные конструкции, в частности покрытия, находят все большее применение, в ОМН включен раздел по шлифованию деталей с покрытием:

- круглое наружное с осевой подачей;
- плоское периферией круга на станках с прямоугольным столом.

В данном разделе представлено нормирование операций шлифования пяти видов покрытий.

1. Гальванический хром.

Напыляемые:

2. Молибден.

3. Композит карбида титана на основе никеля.

Диффузионные:

4. Азотирование.

5. Борирование.

Обработка на указанных станках предусмотрена нормативами по многоступенчатому циклу.

Таким образом, количество видов абразивной обработки в справочнике увеличилось в 1,6 раза.

**3. Алгоритмизация методики нормирования.**

Анализ нормативов режимов шлифования [3] показал, что реализованная в них нормативная методика имеет два алгоритмических разрыва: при проверке и коррекции режимов по прижогу, а также при проверке и коррекции режимов по мощности станка. Нормативная методика предусматривает проверку соответствия расчетной удельной мощности шлифования и предельного табличного значения бесприжоговой мощности. При невыполнении условия рекомендуется скорректировать режимы. Но при этом не указан порядок коррекции. Предполагается, что коррекция делается на основании опыта технолога, то есть носит субъективный характер, и поэтому вполне возможно, что скорректированная наладка вновь не обеспечит качество по прижогу и потребует вторичная коррекция.



Для объективного назначения эффективных режимов шлифования, гарантирующих отсутствие прижогов, нормативная методика дополнена алгоритмом коррекции. Базу алгоритма составляют факторы управления. Управление удельной мощностью шлифования осуществимо тремя факторами: радиальной подачей, скоростью заготовки и твердостью шлифовального круга. Анализ механизма и степени влияния этих факторов на показатели процесса шлифования позволил сформировать два варианта рекомендуемого порядка коррекции факторов управления:

- 1) (смена круга возможна) увеличение скорости заготовки  $\Rightarrow$  снижение твердости круга  $\Rightarrow$  снижение подачи;
- 2) (смена круга неприемлема) увеличение скорости заготовки  $\Rightarrow$  снижение подачи.

Анализ нормативных карт показывает, что точность задания скорости заготовки составляет 1 м/мин, для подачи точность задания значений – 0,01 м/мин. Эти значения можно принять за шаг изменения управляющих факторов в разрабатываемом алгоритме. Снижение твердости круга осуществляется на 1 степень.

Что касается скорости заготовки, то соседние значения скоростей существенно отличаются друг от друга (до 50%). Это позволяет лишь довольно грубо определить предельную удельную мощность. Для более точного определения минимального значения предельной бесприжоговой мощности во избежание излишнего завышения скорости заготовки необходимо прибегнуть к интерполяции. Это позволяет вычислить промежуточные значения мощности, зная граничные значения скорости заготовки. Такая задача решается, например, с помощью полинома Лагранжа.

С учетом вышесказанного разработан формальный алгоритм трехуровневой коррекции режимов шлифования для бесприжоговой обработки при обеспечении минимальной потери производительности по сравнению с вариантом, предусмотренным ОМН [3].

**4. Доработка нормативных методик с целью повышения их адекватности реальным технологическим процессам.** Передовые предприятия, например АвтоВАЗ, уже давно в своих технологических процессах описывают и регламентируют циклы шлифования. Пока в картах наладки задаются простейшие циклы – двух- и трехэтапные. Поэтому в разработанном нормативном справочнике сделан первый шаг в этом направлении – предусмотрены двухступенчатые циклы. Цикл заложен типовой: 80% времени – этап съема припуска, 20% – выхаживание. Характеристика шлифовального круга и скорости круга и детали задаются в целом на операцию, а подача (радиальная) задана для первого этапа. Для второго этапа она равна нулю, и нормативы регламентируют время этого этапа. При таком подходе нормативный справочник не только позволяет пронормировать операцию шлифования, но и дает технологические рекомендации по организации цикла шлифования в зависимости от свойств обрабатываемой детали и предъявляемых требований.

Кроме рассмотренных направлений совершенствования ОМН, определяющих качество нормативов с содержательной стороны, необходимо отметить

направления, определяющие качество представления нормативных материалов.

Анализ нормативных карт ОМН 1978 г. [3] показал, что для них характерна большая неравномерность по точности определения искомого параметра. В зависимости от места в таблице, где находится определяемый параметр, погрешность достигает 33% по горизонтали и 60% по вертикали. Если учесть, что невозможно прогнозировать, в какое место таблицы при ее чтении мы попадем, то трудно говорить о какой-либо гарантированной точности определения режимов по таким нормативам.

Для обеспечения гарантированной равномерной точности по всему полю таблиц предлагается использовать **равноточные последовательности** для задания значений нормируемых параметров:

$$a_{n+1} = a_0(1+q)^n.$$

Эта последовательность, являясь геометрической прогрессией, обладает интересным свойством – каждый ее последующий член отличается от предыдущего на  $q \cdot 100$  процентов. При  $q=0,05$  имеем 5%-ную последовательность, при  $q=0,1$  – 10%-ную, т.е. соседние члены последовательности отличаются друг от друга на 10% и, следовательно, погрешность при использовании этой последовательности в таблице не превысит 10%. Учитывая особенности десятичной системы счисления, целесообразнее  $q$  не задавать, а находить из выражения  $q = 10^{1/n} - 1$  для целых  $n$ . Для  $n=10$  получим  $q=0,25$ , для  $n=20$  –  $q=0,12$ , для  $n=40$  –  $q=0,06$ . Видно, что наблюдается полная аналогия с десятичными рядами предпочтительных чисел R10, R20 и R40 со знаменателями  $\phi$  соответственно 1,25; 1,12 и 1,06. Таким образом, десятичные ряды предпочтительных чисел представляют собой равноточные последовательности и поэтому могут быть рекомендованы для формирования нормативных таблиц с равномерной гарантированной точностью.

Заполнять таблицу предлагается в обратном порядке: на диапазон значений нормируемого (искомого) параметра, который описывается в таблице, накладывается равноточный ряд его значений – для каждого значения искомого параметра определяется соответствующее ему значение исходного параметра, которое и заносится в шапку таблицы.

Для уменьшения количества поправочных коэффициентов в нормативных картах необходимо обеспечить возможность учета большего количества факторов в таблицах, которые формируют нормативную карту. Применение равноточных рядов создает для этого предпосылки. Например, поправочные коэффициенты обеспечивают пропорциональное увеличение всех табличных значений на одну величину (в процентах). При использовании равноточных рядов этот результат может быть достигнут простым сдвигом ряда вправо или влево на нужное количество позиций.

Применение равноточных рядов позволяет ввести новый объект для представления нормативных карт – таблицы-номограммы. Эти таблицы позволяют практически неограниченно увеличивать число читающих переменных (реально – до 10) и сокращать в итоге цепочку таблиц поправочных коэффициентов

Дополнительным средством уменьшения количества поправочных коэффициентов, но не менее эффективным, является применение умолчаний. Например, твердость обрабатываемых материалов после термической обработки принимает ряд типовых значений. Поэтому целесообразно для каждой группы обрабатываемых материалов взять за базу типовое, наиболее вероятное значение твердости и нормативную таблицу рассчитать для этого значения. Тогда поправка на твердость будет необходима только в нестандартной ситуации, т.е. этот коэффициент большей частью будет невостребованным. В итоге предлагается следующая иерархия нормативных таблиц:

– первый уровень: основная нормативная карта, которая учитывает главные факторы, причем некоторые по умолчанию;

– второй уровень: основной поправочный коэффициент – по наладке (погрешность заготовки, точность детали, ее вылет);

– третий уровень: дополнительный поправочный коэффициент – по измененной твердости обрабатываемого материала.

Первый уровень нормативных рекомендаций – основной. Второй уровень иногда может быть опущен, например при жестких деталях и грубых, неточных работах. Третий уровень используется лишь в случае нестандартной ситуации.

Наличие такой иерархии нормативных таблиц помимо сокращения трудоемкости способствует еще и повышению точности нормирования.

Применение такой методологии позволит создать нормативный справочник нового поколения, обеспечивающий заданную точность нормирования и сокращающий трудоемкость нормирования до 50%.

**Заключение.** В соответствии с предложенной новой концепцией подготовлена новая редакция Общемашиностроительных нормативов режимов резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с ручным управлением и полуавтоматах.

Наиболее значимым отличием разработанной редакции нормативов от предыдущей (1978 г.) является то, что в ней максимально охвачены применяемые на практике виды и схемы обработки абразивными ин-

струментами. В результате количество видов абразивной обработки увеличилось в 1,6 раз, а видов технологических наладок (количество карт нормирования) в 2 раза. При этом обеспечено адекватное параметрическое соответствие диапазонов учитываемых параметров (размеров обрабатываемых поверхностей, размеров рабочего пространства станков, технологических размеров режущих инструментов).

#### Список литературы

1. Ивашильников В.Т. Прогрессивное шлифование: В помощь заводам-потребителям продукции Челябин. абразивного з-да / под ред. П.В. Переверзева. Челябинск : Юж.-Урал. кн. изд-во, 1976. 327 с.
2. Корчак С.Н. Производительность шлифования стальных деталей. М. : Машиностроение, 1976. 283 с.
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 3. Протяжные, шлифовальные и доводочные станки. Изд. 3-е. М. : ЦБНТ, 1978. 360 с.
4. Чаплыгин Б.А., Буторин Г.И., Кошин А.А. Концепция и задачи нормативов режимов резания для условий современного машиностроительного производства // Инструмент и технология. 2003. № 9–10. С. 62–73.
5. Металлорежущие станки 1997–1998 гг. : номенклатурный каталог / сост. В.Н. Ярмушевская, Г.Г. Егорова. М. : ИКФ «Каталог», 1997. 106 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы. М. : Машиностроение, 1989. 299 с.
7. Абразивные материалы и инструменты: каталог-справочник / под ред. В.А. Рыбакова. М. : НИИИМ, 1976. 390 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1985. 496 с.

#### Bibliography

1. Ivashinnikov V.T. Progressive grinding: To help to the consumer plants of the production Chelyabinsk abrasive plant / Edited by P.V. Pereverzev/ Chelyabinsk, South Ural book publishing house, 1976. 327 p.
2. Korchuk S.N. Productivity of the grinding of the steel components / M.: Machine building, 1976. 283 p.
3. Total machine-building norms of cutting regimes of for the technical rate setting of works on the machine tools. Chapter 3. Drawn-out, polishing and finishing machines. The publication 3. M. SSTL, 1978. 360 p.
4. Chaplygin B.A., Bytorin G.I., Koshin A.A. Concept and tasks of the norms of cutting regimes for the conditions of contemporary machine-building production // Tool and technology. 2033. № 9, 10. Pp. 62–73.
5. Machine tools 1997-1998 years: Standardly designated catalog / Compilers V.N. Yarmushevskaya, G.G. Egorova. M.: IKF «Katalog» 1997. 106 p.
6. Total machine-building norms of time and cutting regimes for the turning-automatic works. M.: Mashine building, 1989. 299 p.
7. Abrasives and the tools: Catalog-handbook / Edited by V.A. Rybakov. M.: the Scientific Research Institute of machine building, 1976. 390 p.
8. Reference book of the technologist-machine builder. In 2 volumes. V. 2 / Edited by A.G. Kosilova and R.K. Mescheryakov. 4 publication, reworked and supplemented. M.: Mashine building, 1985. 496 p.