

МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО ПРИПУСКА МЕЖДУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ВЫПОЛНЯЕМЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ ТОЧЕНИЯ

И.И. Вендер, В.Ф. Пегашкин

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Нижнетагильский технологический институт (филиал), г. Нижний Тагил*

Почти все технологические процессы в практике производства предусматривают обработку поверхностей или за несколько проходов, выполняемых на отдельных операциях, или в виде переходов одной операции.

Для объективности получения результата важно учитывать максимальное количество факторов и характер их влияния при назначении потребной величины припуска, так как это позволит назначать величину припуска более обоснованно, а это означает снижение затрат на изготовление деталей при сохранении заданного качества.

Для экономичной и производительной работы в условиях массового и крупносерийного производства имеет особое значение решение следующей задачи: разделить общий припуск на слои в такой пропорции, чтобы получить величины стойкости резцов, связанные между собой определенным отношением.

Представлено аналитическое решение задачи определения припусков при последовательной обработке детали на нескольких токарных операциях. Методика расчета предполагает получение величин стойкости инструментов на последовательных операциях, связанных между собой заранее определенным соотношением стойкости режущего инструмента с учетом ограничивающих параметров по максимальному крутящему моменту на шпинделе станка, по надежности работы зажимного устройства. Решение проводится методом итераций.

Показано, что если обработка производится на автоматической линии или на многорезцовом оборудовании, выгодно выполнять переналадку обоих резцов одновременно при одной остановке работы. В этом случае отношение стойкостей должно быть целым числом или дробью, обратной целому числу.

Ключевые слова: механическая обработка, припуск, стойкость инструмента.

Введение

В практике технологов машиностроительного производства часто встречаются такие ситуации, когда общий припуск на ряд операций обточки или расточки (т. е. разница между размерами заготовки и готовой детали) не назначается технологами по результатам расчетов, а определен заранее и от технологов не зависит.

Так, при изготовлении деталей из профильного проката – «круглого» или трубы – припуск на обработку predetermined, исходя из диаметра проката, заданного в ГОСТе.

Есть такие случаи, когда общий припуск на обработку определяется не расчетом по известной методике, а исходя из возможностей кузнечно-прессового или литейного производства на данном предприятии.

В таких ситуациях технологи должны назначать режимы резания, исходя из заданной величины припуска, который делится на «слои» для некоторого числа операций.

Действующие в настоящее время методы расчета промежуточных и операционных припусков на механическую обработку заготовок, такие как опытно-статистический [1–4], расчетно-аналитический [5–15], с использованием теории размерных цепей [16], компьютерное моделирование [17–23] позволяют назначать обоснованную величину припуска на изготовление изделия и в определенных условиях позволяют сократить расход используемого материала. Основным и наиболее распространенным в технологических расчетах при подготовке производства является расчетно-аналитический метод профессора В.М. Кована. Однако многие вопросы, связанные

с обеспечением рациональной величины припуска на механическую обработку заготовок, остаются нерешенными.

Так, например, эти методы не всегда в полной мере оценивают действие таких случайных факторов как погрешности размеров и формы заготовок, погрешности настроечного размера, погрешности позиционирования режущего инструмента, а также влияние систематических факторов – жесткости технологической системы, изменения жесткости резания, износа режущего инструмента (стойкость). Кроме того, значения влияющих факторов при расчете припуска в современных методиках принимаются максимально возможными. На самом же деле в силу действия многих случайных факторов они имеют случайные значения и могут иметь величину намного меньше максимальной. Поэтому на практике величина припуска получается существенно завышенной [9].

Для объективности получения результата важно учитывать максимальное количество факторов и характер их влияния при назначении потребной величины припуска, так как это позволит назначать величину припуска более обоснованно, а это означает снижение затрат на изготовление деталей при сохранении заданного качества

Таким образом, в настоящее время существующие методы расчета припуска принципиально не изменяются, что мало способствует дальнейшему совершенствованию технологических процессов и снижению затрат на производство изделий с позиций минимизации расходов материала. С учетом сложившихся условий заметного удорожания материальных и энергетических ресурсов в мировой и отечественной экономике повышение коэффициента использования металла за счет уменьшения потребной величины припуска стало насущной проблемой. Поэтому дальнейшее совершенствование методов определения припуска с учетом действия как систематических, так и случайных факторов является [7].

Постановка задачи

Почти все технологические процессы в практике производства предусматривают обточку (или расточку) поверхностей или за два, или за три прохода, выполняемых на отдельных операциях или в виде переходов одной операции.

Назовем их черновая, чистовая, окончательная обработка. Поскольку окончательная обработка требует малой глубины резания (шлифование, тонкое точение), то можно вначале отделить для нее часть общего срезаемого припуска, не более 0,3 мм, и тем самым рассматривать только черновую и чистовую обработку.

Всем параметрам режима резания для черновой обработки присвоим индекс «1», для чистовой обработки – индекс «2». Так, стойкость резцов обозначим T_1 и T_2 , глубину резания t_1 и t_2 , скорость резания v_1 и v_2 , подачу s_1 и s_2 и т. д.

Скорость резания v и подача s в сильной степени влияют на производительность (машинное время) и качество обработки (шероховатость обработанной поверхности). Величины v и s должны быть назначены для каждой из двух операций такими, какие рекомендуются в справочной литературе по режимам резания.

Затем необходимо назначить глубины резания t_1 и t_2 , разделив на два слоя общий припуск A .

Для экономичной и производительной работы в условиях массового и крупносерийного производства имеет особое значение решение следующей задачи: разделить общий припуск A на слои t_1 и t_2 в такой пропорции, чтобы получить величины стойкости резцов T_1 и T_2 , связанные между собой определенным отношением

$$T_1 = kT_2. \quad (1)$$

Расчетные зависимости

Если обработка производится на автоматической линии или на многорезцовом оборудовании, где остановка на переналадку одного из резцов требует остановки и всех остальных рабочих позиций, выгодно выполнять переналадку обоих резцов одновременно, при одной остановке работы. В этом случае k должно быть целым числом или дробью, обратной целому числу.

Если отсутствует жесткая связь между оборудованием на двух операциях, т. е. остановка одного из станков не означает остановки второго, нет и необходимости назначать такую величину k . Однако возможна ситуация, когда оба станка обслуживает один наладчик, и необходимо избегать

их одновременной остановки на переналадку. Тогда k должно быть числом, отличающимся от целого, или дробью, не делящейся без остатка на целое число.

Для точения известна зависимость

$$T = \left(\frac{C_v K_v}{v s^y t^x} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (2)$$

где C_v , K_v , m , y , x – эмпирические коэффициенты, указанные в литературе по выбору режимов резания.

Из (1) и (2) получаем:

$$\left(\frac{C_{v_1} K_{v_1}}{v_1 s_1^{y_1} t_1^{x_1}} \right)^{\frac{1}{m_1}} = k \left(\frac{C_{v_2} K_{v_2}}{v_2 s_2^{y_2} t_2^{x_2}} \right)^{\frac{1}{m_2}}. \quad (3)$$

Далее, учитывая, что $t_2 = A - t_1$, из (3) получаем формулу для определения глубины резания

$$t_1 = \left[C (A - t_1)^{\frac{x_2}{m_2}} \right]^{\frac{m_1}{x_1}}, \quad (4)$$

где

$$C = \frac{\left(C_{v_2} K_{v_1} \right)^{\frac{1}{m_1}} \left(v_2 s_2^{y_2} \right)^{\frac{1}{m_2}}}{k \left(C_{v_2} K_{v_2} \right)^{\frac{1}{m_2}} \left(v_1 s_1^{y_1} \right)^{\frac{1}{m_1}}}. \quad (5)$$

Находим t_1 и t_2 . Необходимо особо отметить, что следует назначить коэффициент K_v в строгом соответствии с нормативами для учета всех условий обработки. Несоблюдение этого требования приводит к грубым ошибкам, так как K_v возводится в степень $1/m$, равную обычно 3...5. Если режимы резания на обоих проходах таковы, что $m_1 = m_2$, то расчет t_1 можно выполнить по упрощенной формуле

$$t_1 = \frac{AC^{\frac{x_1}{m_1}}}{C^{\frac{x_1}{m_1}} + 1}. \quad (6)$$

Алгоритм решения

Для получения t_1 необходимо решить уравнение (4) методом итераций.

1. Вычислить коэффициент C .
2. Выбрать начальный уровень глубины резания $t_{1н}$. Вычислить $t_{1н}$ по уравнению (4). Наиболее вероятно, что в результате расчета будет получено неравенство вместо равенства.
3. Если левая часть больше правой, уменьшить t_1 для последующего расчета, если левая часть меньше правой – увеличивать t_1 .
4. Произвести повторный расчет для измененной глубины t_1 . Расчеты повторяются в соответствии с п. 3 до тех пор, пока не будут получены достаточно близкие величины левой и правой частей уравнения (4) или (6). Точность вычисления t_1 может быть установлена технологом в пределах 0,05...0,10 мм.

5. Получив t_1 , находим

$$t_2 = A - t_1. \quad (7)$$

Величина t_1 должна быть проверена технологом на соответствие требованиям по мощности главного привода станка, по максимальному крутящему моменту на шпинделе станка, по надежности работы зажимного устройства (при необходимости могут быть выполнены и другие проверочные расчеты).

Величина t_2 ограничивается лишь одним условием: она должна быть больше, чем толщина минимального срезаемого слоя z_2 на второй операции. Величину z_2 принимаем по данным, приводимым в справочной литературе.

Для выполнения проверочных расчетов величины t_1 , прежде всего, необходимо рассчитать величину вертикальной составляющей силы резания P_{z1} :

$$P_{Z_1} = C_{P_1} K_{P_1} s_1^{y_{p1}} t_1^{x_{p1}}, \quad (8)$$

где C_{p1} , K_{p1} , y_{p1} , x_{p1} – эмпирические коэффициенты.

Проверка по мощности главного привода станка $N_{ст}$ с учетом к.п.д. передач в механизмах станка f , выполняется по формуле

$$P_{Z_1} \leq \frac{6120 N_{ст} f}{v_1}. \quad (9)$$

Проверка по максимальному крутящему моменту на шпинделе станка $M_{ст}$, указанному в паспорте станка, выполняется по формуле:

$$P_{Z_1} \leq \frac{2M_{ст}}{d_1}, \quad (10)$$

где d_1 – диаметр обрабатываемой поверхности на первой операции.

Надежность работы зажимного устройства определяется, прежде всего, возможностью получать усилие зажима, позволяющее удерживать обрабатываемую заготовку от проворачивания на цанге под действием тангенциального момента силы резания.

Можно применять проверочную формулу

$$P_{Z_1} \leq \frac{0,3D^2 d_c p}{d_1}, \quad (11)$$

где D – диаметр зажимного цилиндра, d_c – диаметр рабочей поверхности цанги (равный диаметру обрабатываемой заготовки в месте зажима), p – давление воздуха (или масла) в зажимном цилиндре.

Если проверки по формулам (9), (10) и (11) дали неудовлетворительный результат, необходимо внести коррективы в расчетные величины t_1 и t_2 .

Для достижения необходимого результата по всем трем проверкам следует уменьшить силу P_{z1} . Этого можно достичь, уменьшив либо подачу s_1 , либо глубину резания t_1 . Поскольку уменьшение подачи ведет к увеличению машинного времени и потере производительности на операции, предпочтительно несколько уменьшить глубину резания t_1 (тем самым несколько увеличить t_2) и повторить расчет P_{z1} и проверки.

При этом увеличится стойкость T_1 и уменьшится стойкость T_2 , что требует расчета их нового отношения.

Будем присваивать корректируемым параметрам индекс « k », приняв обозначения t_{1k} , t_{2k} , T_{1k} , T_{2k} .

$$t_{2k} = A - t_{1k}, \quad (12)$$

$$T_{1k} = T_1 \left(\frac{t_1}{t_{1k}} \right)^{x_1}, \quad (13)$$

$$T_{2k} = T_2 \left(\frac{t_2}{t_{2k}} \right)^{x_2}. \quad (14)$$

Изменится и отношение стойкостей

$$T_{1k} = k_k T_{2k} \quad (15)$$

$$k_k = \frac{T_{1k}}{T_{2k}}. \quad (16)$$

Если k должно быть дробным числом, его некоторое изменение (превращение в k_k) может быть принято технологом.

Если же k должно быть целым числом или дробью, кратной целому числу, следует сохранить его неизменным. Это возможно в том случае, если мы дополнительно изменим величину T_{2k} , превратив ее в T_{2kk} :

$$T_{2kk} = T_{2k} a, \quad (17)$$

где коэффициент a равен

$$a = \frac{k_k}{k}. \quad (18)$$

Очевидно, что изменить величину стойкости T_2 можно за счет изменения или скорости v_2 , или подачи s_2 . Эти величины влияют на производительность труда в одинаковой степени, тогда как степень их влияния на стойкость различается в несколько раз, что видно в формуле (2). Потребуется гораздо меньшее изменение v_2 , чем s_2 , для достижения требуемого изменения T_2 .

$$V_{2k} = \frac{V_2}{a^{m_2}}. \quad (19)$$

После этого расчет считается законченным.

Выводы

Предложенные зависимости и алгоритм расчета позволяют определить припуски на ряде последовательных операций обточки или расточки, исходя из общего припуска на обработку поверхности, устанавливая соотношение стойкостей режущих инструментов на операциях и выполняя определенные ограничения.

Литература

1. Кваскова, Н.А. Назначение рациональных припусков на механическую обработку вагонных колес при восстановлении их профиля катания / Н.А. Кваскова // Материалы науч.-практ. конф. «Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте». – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2014. – С. 175–180.
2. Neelesh K. Jain, Vijay K. Jain. Modeling of material removal in mechanical type advanced machining processes: a state-of-art review // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2001. – Vol. 41, iss. 11. – P. 1573–1635.
3. Азов, А.С. Стохастический метод расчета припуска и его эффективность / А.С. Азов, А.Н. Васин // Современные материалы, техника и технология, МТО-14. – Курск: Юго-Запад. гос. ун-т, 2013. – Т. 1. – С. 16–19.
4. Хостикоев, М.З. Сравнение статистических методов расчета припусков на механическую обработку / М.З. Хостикоев, М.В. Тюлина // Горный информ.-аналит. бюл. – 2012. – № 12. – С. 115–116.
5. Лищенко, Н.В. Выбор метода определения припуска на механическую обработку / Н.В. Лищенко, В.П. Ларшин, С.Н. Макаров // Вестн. Нац. техн. ун-та Украины «Киевский политехнический институт». Сер. Машиностроение. – 2011. – № 63. – С. 87–91.
6. Лищенко, Н.В. Анализ способов определения припуска на механическую обработку / Н.В. Лищенко, В.П. Ларшин, С.Н. Макаров // Тр. Одесского политехн. ун-та. – Одесса: Одесский нац. политехн. ун-т. – 2011. – № 1. – С. 36–42.
7. Васин, А.Н. Аналитический обзор современных методов расчета припусков на механическую обработку заготовок / А.Н. Васин // Вестн. Саратов. гос. техн. ун-та. – 2005. – Т. 2, № 1 (7). – С. 16–26.
8. Васин, А.Н. Анализ взаимосвязей технологических факторов и величины припуска / А.Н. Васин // Вестн. Саратов. гос. техн. ун-та. – 2005. – Т. 4, № 1 (9). – С. 51–57.
9. Васин, А.Н. Влияние упругой деформации технологической системы на многопроходное удаление припуска / А.Н. Васин // Технология машиностроения. – 2009. – № 7. – С. 21–22.
10. Васин, А.Н. Формирование припусков на механическую обработку заготовок на основе стохастических моделей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А.Н. Васин. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2006. – 32 с.
11. Малькова, Л.Д. Энергосбережение при проектировании технологической операции токарной обработки / Л.Д. Малькова // Изв. высш. учеб. заведений. Машиностроение. – 2012. – № 5. – С. 43–49.
12. Жолобов, А.А. Методика определения вариантов обработки ступенчатого вала в задаче

структурной оптимизации / А.А. Жолобов, А.М. Федоренко, А.В. Казаков // Вестн. Белорус.-рос. ун-та. – 2008. – № 4. – С. 76–84.

13. Краев, В.В. Расчетно-аналитический метод выбора припусков на обработку резанием деталей силовых агрегатов / В.В. Краев, Г.Г. Крушено // Вестн. Сибир. гос. аэрокосм. ун-та. – 2012. – № 1 (41). – С. 122–125.

14. Краев, В.В. Расчетно-аналитический метод минимизации припуска на обработку резанием цилиндрической деталей / В.В. Краев, Г.Г. Крушено // Проблемы разработки, изготовления и эксплуатации ракетно-космической техники и подготовки инженерных кадров для авиакосмической отрасли: материалы VIII Всерос. науч. конф. – Омск: Омский гос. техн. ун-т, 2013. – С. 92–95.

15. Краев, В.В. Расчет припуска на механическую обработку с учетом технологической наследственности / В.В. Краев, Г.Г. Крушено // Технология металлов. – 2010. – № 4. – С. 38–41.

16. Масыгин, В.Б. Получение полной информации о припусках и минимальной глубине резания на основе применения кромочной модели деталей при размерном анализе / В.Б. Масыгин // Материалы VII Всерос. науч. конф. «Проблемы разработки, изготовления и эксплуатации ракетно-космической и авиационной техники». – Омск: Омский гос. техн. ун-т, 2012. – С. 121–125.

17. Селезнев, Ю.Н. Методика получения математических моделей процесса токарной обработки изделий на станках с ЧПУ: справ. / Ю.Н. Селезнев, Е.И. Яцун, Р.Н. Хомутов // Справочник. Инженерный журнал (с приложением). – 2014. – № 9 (210). – С. 44–47.

18. Манзюк, Д.Ю. Алгоритм программы для расчета припусков / Д.Ю. Манзюк, Д.Р. Федорцов // Современная техника и технология. – 2014. – № 8 (36). – С. 30–36.

19. Baek, D.K. Chip volume prediction using a numerical control verification model / D.K. Baek, T.J. Ko, H.S. Kim // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2006. – Vol. 46. – iss. 12–13. – P. 1326–1335.

20. Drăghici, G. Calculation of the cutting rate and the number of tools when using multiple tooling on semi-automatic lathes by means of electronic computers / G. Drăghici, C. Păltinea // International Journal of Machine Tool Design and Research. – 2003. – Vol. 14. – iss. 1. – P. 13–31.

21. Byrne, G. A New Approach to the Theoretical Analysis of Surface Generation Mechanisms in Machining / G. Byrne // CIRP Annals. Manufacturing Technology. – 2008. – Vol. 41, iss. 1. – P. 56–63.

22. Li, Y. A dynamic feature information model for integrated manufacturing planning and optimization / Y. Li, X. Liu, J.X. Gao, P.G. Maropoulos // CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 2012. – Vol. 61. – Iss. 1. – P. 167–170.

23. Li, X. Automatic evaluation of machining allowance of precision castings based on plane features from 3D point cloud / X. Li, W. Li, H. Jiang, H. Zhao // Computers in Industry. – 2013. – Vol. 64. – Iss. 9. – P. 1129–1137.

Вендер Исак Иосифович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Специальное машиностроение», Нижнетагильский технологический институт (филиал), Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Нижний Тагил, vender-ii@ntistu.ru.

Пегашкин Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор, директор, Нижнетагильский технологический институт (филиал), Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Нижний Тагил, v.f.pegashkin@urfu.ru.

Поступила в редакцию 16 ноября 2016 г.

METHOD OF DIVIDING THE TOTAL ALLOWANCE BETWEEN TURNING OPERATIONS ARE PERFORMED CONSECUTIVELY

I.I. Vender, vender-ii@ntistu.ru,
V.F. Pegashkin, v.f.pegashkin@urfu.ru

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg

Almost all processes in practice provide for processing surfaces or for multiple passes. For objectivity get the result it is important to bear in mind the maximum number of factors and their influence in the appointment of required quantities allowance, as this will assign allowance more reasonably, and that means lower costs for parts manufacturing, while maintaining quality.

For economical and productive work in conditions of mass and large-scale production is of particular importance to the solution of the following problem: divide the total allowance on layers and in the same proportion to get values of resistance of incisors, linked by a certain attitude.

Presented analytical solution of the task of determining the allowances for iterative processing details on several turning operations. The method of calculation involves obtaining values for persistence tools in the sequential, linked by a predetermined value for durability of cutting tools, taking into account the restriction settings on maximum torque on the spindle of the machine, on the reliability of the clamping device. The solution is carried out by iterations.

It is shown that if processing is performed on the automated line or mnogorezovom equipment, advantageous to carry out readjustment of both cutters simultaneously, one stop work. In this case, the ratio *stojkostej* must be an integer or a fraction of the reverse integer.

Keywords: mechanical treatment, an allowance, the tool life.

References

1. Kvaskova N.A. [Appointment of Rational Allowances for Machining of Wagon Wheels When Restoring Their Profile]. *Materialy nauch.-prakt. konf. "Innovatsionnye proekty i tekhnologii v obrazovanii, promyshlennosti i na transporte"* [Materials of Scientific-Practical Conference "Innovative projects and Technologies in Education, Industry and Transport"]. Omsk, Omsk State Transport University Publ., 2014, pp. 175–180. (in Russ.)
2. Neelesh K. Jain, Vijay K. Jain. Modeling of Material Removal in Mechanical Type Advanced Machining Processes: a State-of-Art Review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2001, vol. 41, iss. 11, pp. 1573–1635.
3. Azov A.S., Vasin A.N. [Stochastic Method of Calculating the Allowance and its Effectiveness]. *Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologiya, MTO-14* [Modern Materials, Techniques and Technology, MTO-14]. Kursk: Southwest State University Publ., 2013, vol. 1, pp. 16–19. (in Russ.)
4. Khostikoev, M.Z. [Comparison of Statistical Methods for Calculating Allowances for Machining]. *Gornyy inform.-analit. byul.* [Mountain Information-Analytical Bulletin], 2012, no. 12, pp 115–116. (in Russ.)
5. Lishchenko N.V., Larshin V.P., Makarov S.N. [The Choice of Method for Determining the Allowance for Machining]. *Vestnik Natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta Ukrainy "Kievskiy politekhnicheskiiy institut"*. Ser. *Mashinostroenie* [Bulletin of National Technical University of Ukraine: Engineering], 2011, no. 63, pp. 87–91. (in Russ.)
6. Lishchenko N.V., Larshin V.P., Makarov S.N. [Analysis of the Methods of Determining the Allowance for Machining]. *Trudy Odesskogo polytekhnicheskogo universiteta.* [Labours of Odessa National Polytechnic University], 2011, no. 1, pp. 36–42. (in Russ.)
7. Vasin A.N. [Analytical Review of Modern Methods of Calculation of Allowances for machining workpieces]. *Vestnik Saratov State Technical University*, 2005, vol. 2, no.1 (7), pp. 16–26. (in Russ.)
8. Vasin A.N. [An Analysis of the Relationship of Technological Factors and the Amount of Allowance]. *Vestnik Saratov State Technical University*, 2005, vol. 4, no. 1 (9), pp. 51–57. (in Russ.)
9. Vasin A.N. [The Influence of Elastic Deformation of Technological System on Multi-Pass of Set Removal]. *Mechanical engineering technology*, 2009, no. 7, pp. 21–22. (in Russ.)

10. Vasin A.N. *Formirovanie pripuskov na mekhanicheskuyu obrabotku zagotovok na osnove stokhasticheskikh modeley*. Avtoref. dokt. diss. [Formation of Allowances for Machining Workpieces Based on Stochastic Models. Abstract of doct. diss.]. Saratov State Tech. University, 2006. 32 p.
11. Mal'kova L.D. [Energy saving in designing a technological turning operation]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 2012, no 5, pp. 43–49. (in Russ.)
12. Golobov A.A., Fedorenko A.M., Kazakov A.V. [Evaluation Technique of Stepped Shaft Machining Variants for Structural Optimization]. *Bulletin of the Belarusian-Russian University*, 2008, no. 4, pp. 76–84. (in Russ.)
13. Kraev V.V., Krusheno G.G. *Raschetno-analiticheskiy metod vybora pripuskov na obrabotku rezaniem detaley silovykh agregatov* [Settlement and Analytical Method of Choice for Machining of Parts. Powertrains]. *Bulletin of Siberian State Aerospace University*, 2012, no. 1 (41), pp. 122–125. (in Russ.)
14. Kraev V.V., Krusheno G.G. [Settlement and Analytical Method of Minimization of Machining Allowance for Machining of Cylindrical Parts]. *Problemy razrabotki, izgotovleniya i ekspluatatsii raketno-kosmicheskoy tekhniki i podgotovki inzhenernykh kadrov dlya aviakosmicheskoy otrasli: materialy VIII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Problems of design, manufacturing and operation of space-rocket technology and training engineers for aerospace industry: proceedings of VIII Russia researcher conf.]. *Omsk State. Tech. University*, 2013, pp. 92–95. (in Russ.)
15. Kraev V.V., Krusheno G.G. [Calculating the Mechanical Processing Allowances Taking into Account Technological Heredity]. *Technologiya Metallov*, 2010, no. 4, pp. 38–41. (in Russ.)
16. Masyagin V. B. [Obtaining Full Information on the Allowances and a Minimum Depth of Cut by Applying Edge Models of Parts with Size Analysis]. *Materialy VII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii Problemy razrabotki, izgotovleniya i ekspluatatsii raketno-kosmicheskoy i aviatsionnoy tekhniki* [Proceedings of VII Russian Scientific Conference “Problems of Design, Manufacturing and Operation of Space-Rocket and Aeronautical Engineering”]. *Omsk: Omsk State. Tech. University*, 2012, pp. 121–125. (in Russ.)
17. Seleznev Yu. N., Yatsun E. I., Khomutov R. N. [Method of Producing Mathematical Model of Turning the Products on CNC machines]. *Handbook. An Engineering Journal with Appendix*, 2014, no. 9 (210), pp. 44–47. (in Russ.)
18. Manzyuk D.Yu., Fedortsov D.R. [Algorithm for Calculating Allowances]. *Modern Technics and Technologies*, 2014, no. 8 (36), pp. 30–36. (in Russ.)
19. Baek D.K., Ko T.J., Kim H.S. Chip volume prediction using a numerical control verification model. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2006, vol. 46, iss. 12–13, pp. 1326–1335. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2005.10.011
20. Drăghici G., Păltinea C. Calculation of the Cutting Rate and the Number of Tools when Using Multiple Tooling on Semi-Automatic Lathes by Means of Electronic Computers. *International Journal of Machine Tool Design and Research*, 2003, vol. 14, iss. 1, pp. 13–31.
21. Byrne G. A New Approach to the Theoretical Analysis of Surface Generation Mechanisms in Machining. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 2008, vol. 41, iss. 1, pp. 56–63.
22. Li Y., Liu X., Gao J.X., Maropoulos P.G. A Dynamic Feature Information Model for Integrated Manufacturing Planning and Optimization. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 2012, vol. 61, iss. 1, pp. 167–170. DOI:10.1016/j.cirp.2012.03.085
23. Li X., Li W., Jiang H., Zhao H. Automatic Evaluation of Machining Allowance of Precision Castings Based on Plane Features from 3D Point Cloud. *Computers in Industry*, 2013, vol. 64, iss. 9, pp. 1129–1137. DOI: 10.1016/j.compind.2013.06.003

Received 16 November 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Вендер, И.И. Метод разделения общего припуска между последовательно выполняемыми операциями точения / И.И. Вендер, В.Ф. Пегашкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 41–48. DOI: 10.14529/engin170105

FOR CITATION

Vender I.I., Pegashkin V.F. Method of Dividing the Total Allowance Between Turning Operations are Performed Consecutively. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 41–48. (in Russ.) DOI: 10.14529/engin170105