



УДК 621.753.3

## ВЛИЯНИЕ ПРИПУСКА НА ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

А.Н. Васин

## THE EFFECT OF ALLOWANCE ON THE PRECISION MANUFACTURE OF MACHINE PARTS

A.N. Vasin

**Аннотация.** Качество сборочных работ изделий машиностроения, а также их эксплуатационные показатели во многом зависят от качества изготовления деталей машин и, в частности, точности их изготовления. Но повышение точности изготовления деталей машин закономерно связано с экономической целесообразностью этого процесса, т.е. чрезмерное повышение точности изготовления деталей машин не всегда оправдывается экономически. Поэтому необходимо искать другие пути повышения качества, а значит и точности производства изделий – беззатратные, либо малозатратные. Но для этого нужно знать механизм формирования точности изготовления деталей машин, а также факторы и степень их влияния на формируемую точность. В статье рассмотрено одно из направлений, оказывающее серьезное влияние на формируемую точность изготовления деталей машин – это величина припуска на механическую обработку.

**Ключевые слова:** детали машин; точность изготовления; припуски; стохастические характеристики; методика.

**Abstract.** The quality of the Assembly work of engineering products and their operation atalonia indicators largely depend on the quality of manufacturing of machine parts and, in particular, the accuracy of their production. But the increase of accuracy of manufacturing of details of machines is naturally related to the economic feasibility of this process, i.e. the excessive increase of accuracy of manufacturing of details of machines is not always justified economically. It is therefore necessary to look for other ways to improve the quality and therefore precision production products – no-cost or low-cost. But you need to know the mechanism of formation of precision manufacturing of machine parts, as well as factors and their influence on the forming accuracy. The article considers one of the areas that has a major impact on the forming accuracy of manufacturing of details of machines is the amount of the allowance for machining.

**Keywords:** machine parts; precision manufacturing; allowances; stochastic characteristics; method.

### Введение

Как известно, точность технологического процесса обработки заготовок складывается как из систематических, так и случайных погрешностей. Учесть эти погрешности и максимально нивелировать их влияние – это одна из основных задач технолога. Для детерминированного технологического процесса можно довольно-таки точно спрогнозировать значения показателей качества изготовления деталей машин в каждый из моментов времени его действия. Это позволяет активно воздействуя на доминирующие факторы, вызывающие погрешности обработки, управлять и точностью реализуемого технологического процесса.

Но как показывает практика, технологические процессы, реализуемые в реальных производственных условиях, полностью детерминированными не являются, а потому и показатели качества могут быть слабоконтролируемыми и принимать значения, которые невозможно спрогнозировать как для зависимых факторов в детерминированных технологических процессах изготовления изделий машиностроения. А это означает, что

показатели качества изготовления деталей машин, зачастую, определяются совокупностью неконтролируемых факторов и изменение показателей качества, а в нашем случае и точности, во времени носит случайный характер. Т.е. его можно рассматривать как процесс стохастический, что обуславливает для его изучения использование теории вероятностей.

Одно из важнейших направлений повышения точности технологического процесса является оптимизация величины припуска на механическую обработку заготовок. Под оптимизацией в этом случае понимается целесообразное, технически и экономически оправданное уменьшение величины припуска до величин, не отражающихся на качестве изготавливаемого изделия. Снижение величины припуска напрямую связано с точностью обработки заготовок, так как уменьшает не только величину снимаемого слоя материала, но и относительную неравномерность его расположения на поверхности заготовок деталей машин. Неравномерность распределения величины припуска по поверхности заготовки приводит, в свою очередь, к дополнительным вибрациям и упругим отжатию обрабатывающих технологических систем СПИД, что негативно отражается на получаемой точности обработки заготовок. Это особенно актуально для механической обработки партии заготовок деталей машин на предварительно настроенных станках в условиях крупносерийного и массового производства.

Из-за неравномерности величины припуска на поверхности заготовок, непостоянства размеров заготовок в партии, нестабильности механических свойств используемых материалов, затупления режущего инструмента сила резания изменяется, что вызывает неравномерные упругие отжатию элементов технологической системы СПИД. Их величина зависит как от силы резания, так и способности противостоять этой силе, то есть жесткости технологической системы. В результате этого появляются различные по величине погрешности формы обработанной поверхности заготовок деталей машин и разброс размеров деталей в обрабатываемой партии.

Существующие методики определения припуска не учитывают все возможные факторы, которые участвуют в формировании потребной величины припуска. Так, например, не учитывается влияние на величину припуска таких стохастических характеристик как погрешность профиля заготовки, настроечный размер, жесткость резания, температурные воздействия, погрешность позиционирования, погрешность формы и др.

На кафедре «Технология машиностроения» СГТУ имени Гагарина Ю.А. разработана и предлагается к использованию новая методика расчета оптимальной величины припуска на основе стохастического анализа.

1. Вначале, как и по традиционной методике, определяется минимальная величина припуска на обработку. Обычно в составляющие этой величины включают помимо величины шероховатости и величины дефектного слоя поверхности заготовки, геометрическую сумму величин пространственных отклонений взаимного расположения поверхностей заготовки и погрешности установки. Это мотивируется тем, что эти погрешности не учитываются допусками на размеры заготовки и допусками на размеры обработанной поверхности. Однако это положение принципиально неверно, так как противоречит физической сущности процессов механической обработки заготовок. Как было показано в работе [1], погрешность взаимного расположения поверхностей  $\rho$  и погрешность установки заготовки  $\xi$  непосредственно влияют и на величину рассеивания значений припуска и на величину рассеивания значений радиальных размеров заготовок, а, следовательно, и на величину поля рассеивания размеров обработанной поверхности. Поэтому в величину минимального значения припуска следует включать только величину шероховатости поверхности заготовки  $R_{z_3}$  и величину дефектного слоя заготовки  $T_3$

$$z'_{min} = R_{z_3} + T_3.$$



Величины  $R_z$  и  $T_z$  определяются по справочным данным.

2. Определяется жесткость технологической системы

$$J_{TC} = P_y / y,$$

где  $y$  – текущая величина упругой деформации технологической системы или смещение режущей кромки инструмента;  $P_y$  – нормальная составляющая силы резания.

3. Рассчитывается коэффициент пропорциональности, иногда называемый жесткостью резания

$$J_p = P_y / t,$$

где  $t$  – глубина резания, в некоторых случаях равная величине припуска.

4. Находится среднее квадратическое отклонение формы поперечного сечения

$$\sigma_0 = 1/6\delta_3,$$

где  $\delta_3$  – допуск заготовки.

5. Вычисляется среднее квадратическое отклонений средних размеров, вызванных погрешностями пространственных отклонений заготовок

$$\sigma_\rho = 1/6\delta_\rho,$$

6. Определяется среднее квадратическое отклонение средних размеров, вызванных погрешностями взаимного расположения поверхностей

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_\xi^2 + \sigma_\rho^2}.$$

7. Рассчитывается среднее квадратическое отклонение размеров заготовок

$$\sigma_C = \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_1^2 + \sigma_\xi^2}.$$

8. Находится среднее квадратическое отклонение величины припуска на соответствующем технологическом переходе

$$\sigma_z = \frac{J_{\dot{\sigma}_z}}{J_{\dot{\sigma}_z} + J_D} \sigma_C \sqrt{1 + \frac{\sigma_r^2}{\sigma_C^2}}.$$

9. Вычисляется средняя величина припуска [1]

$$2Z_{ND} = 2Z'_{min} + k\sigma_z,$$

где  $z'_{min}$  – минимальная величина припуска, который необходимо удалить с поверхности заготовки;  $k$  – коэффициент, характеризующий допустимую вероятность появления в процессе обработки брака из-за наличия на обработанной поверхности дефектов предшествующей обработки;  $\sigma_z$  – среднее квадратическое отклонение величины припуска.

Коэффициент  $k$  рассчитывается [1] при заданном значении допустимой вероятности брака



$$P_{\text{бп}} = \int_0^{z'_{\text{min}}} f(z) dz .$$

Допустимая вероятность брака является категорией экономической. Чем меньше вероятность брака, тем меньше затрат на доработку изделия и затрат, связанных с отходом заготовок, но, при этом, больше величина припуска на изготовление изделий, больше величина затрат на его удаление и затрат на материал заготовок. Во всяком случае, при изготовлении небольших партий заготовок, заготовок из недорогих, недефицитных материалов, а также при обработке заготовок на начальных стадиях технологического процесса их изготовления вероятность брака можно увеличить. На заключительных же стадиях обработки изделий вероятность брака нужно уменьшать.

10. Вычисляется максимальная величина припуска

$$2Z_{\text{max}} = 2Z_{\text{cp}} + k\sigma_z .$$

11. Определяется наименьший предельный размер на текущую операцию для наружной обработки

$$D_{\text{min}} = D_{\text{min}}^I + 2Z_{\text{min}} .$$

12. Вычисляется наибольший предельный размер на текущую операцию для наружной обработки

$$D_{\text{max}} = D_{\text{min}} + 2k\sigma_z - \delta_i .$$

13. Определяется операционный размер на текущую операцию

$$D_{\text{on}} = D_{\text{max} - \delta_{i-1}} .$$

14. Если существует необходимость сопоставления расчетной величины припуска с производственными или табличными данными, то определяется величина номинального припуска.

$$2Z_{\text{нн}} = 2Z_{\text{нн}} + ei_{Dz} - ei_{Dd} ,$$

где  $ei_{Dz}$  и  $ei_{Dd}$  – соответственно нижние отклонения диаметров заготовки и детали.

15. Вычисляется среднее значение коэффициента повышения точности размеров

$$k_p = \frac{J_p}{J_{T.C.} + J_p} \sqrt{1 + \frac{J_{T.C.}^2 \cdot \sigma_r^2 + \sigma_{\xi_A}^2}{J_p^2 \cdot \sigma_3^2}} .$$

16. Рассчитывается рациональное число технологических переходов, необходимых для достижения требуемого качества поверхности заготовки исходя из требуемой точности размеров детали [2]



$$N = \frac{\ln \delta_0 - \ln \delta_3}{\ln k_p} .$$

### Заключение

Таким образом, использование при определении величины припуска стохастического подхода, позволяет уменьшить величину припуска на механическую обработку заготовок, не только не снижая точности обработки, но даже наоборот, повышая её, что особенно актуально для работы на предварительно настроенных станках в массовом и крупносерийном производстве.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васин А.Н., Королев А.В., Королев А.А. Влияние технологических факторов на величину припуска при однопроходной механической обработке // Прогрессивные направления развития машиностроения: сборник научных трудов. Саратов. Изд-во ФГБОУ ВПО СГТУ, 2004. С.53-65.
2. Васин А.Н., Королев А.В., Королев А.А. Зависимость величины припусков от технологических факторов при многопроходной механической обработке // Прогрессивные направления развития машиностроения: сборник научных трудов. Саратов. Изд-во ФГБОУ ВПО СГТУ, 2004. С.65-72.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

*Васин Алексей Николаевич*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов, Россия, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология машиностроения».

E-mail: [vasin@sstu.ru](mailto:vasin@sstu.ru)

*Vasin Alexey Nikolaevich*

FGBOU VO «Saratov state technical University named after Y.A. Gagarin», Saratov, Russia, doctor of technical Sciences, associate Professor, Professor of chair «Technology of mechanical engineering».

E-mail: [vasin@sstu.ru](mailto:vasin@sstu.ru)

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с автором статьи:

410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, каб. 213. Васин А.Н.  
8(8452) 99-87-90