

**Петрушева Н.А.**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ИЗДЕЛИЙ**

**Красноярск 2013**

А  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»

Лесосибирский филиал

Лесопромышленный факультет

Кафедра технологии производств в лесном комплексе

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Лабораторный практикум

Рекомендовано научно-методическим советом Лф СибГТУ в качестве  
лабораторного практикума для студентов специальности  
150405.65 Машины и оборудование лесного комплекса  
очной, заочной форм обучения

Лесосибирск 2013

А

УДК 621.7

Технологические процессы изготовления производственных изделий:  
Лабораторный практикум для студентов специальности 150405.65 Машины и  
оборудование лесного комплекса очной и заочной форм обучения / сост.  
Петрушева Н.А. – Лесосибирск: Лф СибГТУ, 2013. – 58 с.

Рецензент канд. техн. наук, доц. Л.Н. Журавлева

© Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического  
университета, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1	6
Лабораторная работа № 2	17
Лабораторная работа № 3	26
Лабораторная работа № 4	35
Библиографический список	56
Приложение А (справочное) Интегральная функция нормированного нормального закона распределения	57

### Введение

«Технологические процессы изготовления производственных изделий» - важнейшая общепрофессиональная дисциплина для студентов, обучающихся по специальности 150405.65 «Машины и оборудование лесного комплекса»

Лабораторный практикум по дисциплине «Технологические процессы изготовления производственных изделий» предполагает закрепление теоретических знаний, полученных студентами на лекционных занятиях, и более глубокое изучение принципиально важных вопросов, связанных с техническим нормированием, а также необходимых для правильного понимания причин возникновения погрешностей обработки.

Лабораторная работа «Определение расчетно-аналитическим методом технически обоснованной нормы времени на выполнение токарной операции в серийном производстве» посвящена вопросам технического нормирования операции механической обработки на примере токарной операции. В результате выполнения данной лабораторной работы студент должен уметь рассчитывать технически обоснованную норму времени. Он должен усвоить структуру технически обоснованной нормы времени и смысл ее составляющих, последовательность и особенности назначения режима резания при черновой и чистовой обработке, познакомиться с общемашиностроительными нормативами режимов резания, общемашиностроительными нормативами времени вспомогательного и подготовительно-заключительного, а также получить первоначальные навыки работы с указанными нормативами.

Следующие три лабораторные работы посвящены изучению составляющих суммарной погрешности обработки. Это погрешность базирования, являющаяся важной составляющей погрешности установки. Это погрешность регулирования, часто являющаяся доминирующей составляющей погрешности настройки. Это погрешность, связанная с упругими перемещениями в технологической системе, существенность роли которой возрастает в условиях недостаточной жесткости технологической системы.

Выполнение лабораторной работы «Определение погрешности базирования при установке заготовки на призму и в центрах токарного станка» позволяет студенту более глубоко рассмотреть специфику возникновения погрешности базирования при таких типовых схемах установки заготовок для обработки, как установка в жесткую призму и установка в центрах. В ходе лабораторной работы студент должен проанализировать предложенные схемы установки, выявив технологические и измерительные базы и оценив экспериментально и теоретически возникающие погрешности базирования. Следует выявить возможности уменьшения и исключения погрешности базирования за счет изменения схем установки и реализации принципа совмещения баз, изменения конструкции установочных элементов. Необходимо также обратить внимание на расчет допускаемой погрешности базирования из условия надежного обеспечения заданной точности.

Выполняя лабораторную работу «Исследование погрешности регулирования станка на размер при установке инструмента по лимбу станка и жесткому упору» и экспериментально определяя погрешности регулировки при настройке рабочего органа станка по лимбу и жесткому упору, студент развивает навыки, связанные с применением статистических методов и использованием кривых распределения для анализа точности. При выполнении данной лабораторной работы следует обратить внимание на физический смысл параметров нормального распределения и на возможность исключения неисправимого брака за счет настройки станка.

В лабораторной работе «Исследование влияния жесткости обрабатываемой заготовки на виброустойчивость технологической системы» студент знакомится с влиянием жесткости обрабатываемой заготовки на интенсивность и частоту вибраций при точении и выполняет качественную оценку виброустойчивости технологической системы через нахождение вибрационной глубины резания.

На очном обучении курс «Технологические процессы изготовления производственных изделий» общим объемом 100 часов изучается в течение седьмого семестра. Курс завершается экзаменом. Обязательным условием допуска студента к экзамену является выполнение всех предусмотренных рабочей программой лабораторных работ, выполнение отчетов по лабораторным работам и их защита.

На заочном обучении курс «Технологические процессы изготовления производственных изделий» общим объемом 100 часов изучается в течение десятого семестра. Курс завершается экзаменом. Обязательным условием допуска студента к экзамену является выполнение всех предусмотренных рабочей программой лабораторных работ, выполнение отчетов по лабораторным работам и их защита.



## Лабораторная работа № 1

**Тема:** Исследование погрешности регулирования станка на размер при установке инструмента по лимбу станка и жесткому упору

### 1.1 Цель работы

Целью работы является усвоение и закрепление теоретических положений о погрешности настройки станка как случайной составляющей суммарной погрешности обработки, а также получение навыков экспериментального определения погрешности регулирования станка по лимбу и по жесткому упору.

### 1.2 Оборудование и инструмент

1. Токарный станок (по указанию преподавателя).
2. Жесткий упор.
3. Индикаторная магнитная стойка.
4. Индикатор часового типа модели ИЧ-10.
5. Многооборотная индикаторная головка модели 2МИГ.

## 1.3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 1.3.1 Погрешность настройки

Под настройкой станка на выдерживаемый размер понимают установку инструмента, рабочих элементов станка и установочных элементов приспособления в такое взаимное положение, которое с учетом явлений, происходящих в процессе обработки, обеспечивает получение выдерживаемого размера в пределах установленного допуска. Такое взаимное положение элементов технологической системы определяют термином *установочный* или *настроечный* размер.

Под *погрешностью настройки*  $\Delta_n$  понимают расстояние между двумя предельными положениями режущего инструмента при настройке станка на выдерживаемый размер, т.е. поле рассеивания положений инструмента. Погрешность настройки  $\Delta_n$  возникает из-за невозможности при каждой новой настройке станка добиться одного и того же установочного (настроечного) размера. Допустимая погрешность настройки станка зависит от выдерживаемого допуска и должна составлять некоторую его долю. Величина допустимой погрешности настройки зависит от выдерживаемых размеров, допуска на обработку, точности заготовки. Средние допустимые погрешности настройки при обработке лезвийным инструментом при черновой обработке находятся в пределах 40...300 мкм, при чистовой обработке - в пределах 10...50 мкм, при тонкой обработке - 5...10 мкм, при однократной обработке - 20...50 мкм.

Погрешность настройки станка  $\Delta_n$  изменяется как случайная величина. В общем случае погрешность настройки станка на размер  $\Delta_n$  включает *погрешность*

смещения центра группирования  $\Delta_{см}$  относительно настроенного размера, погрешность регулирования  $\Delta_{рег}$  положения режущего инструмента и отдельных узлов станка относительно установленного инструмента, а также погрешность измерения размера при настройке  $\Delta_{изм}$ .

В качестве оценки погрешности настройки  $\Delta_n$  принимается поле рассеивания  $\omega_n$  отклонений фактического положения исполнительного органа станка относительно настроенного размера, поэтому погрешность  $\Delta_n = \omega_n$ . При обработке поверхностей вращения погрешность регулирования инструмента относится к радиусу, а погрешности смещения и измерения - к диаметральному размеру, поэтому поля рассеивания в этом случае  $\omega_{см} = \Delta_{см}/2$ ,  $\omega_{рег} = \Delta_{рег}$ ,  $\omega_{изм} = \Delta_{изм}/2$ .

В целом, суммарная погрешность настройки в общем случае определяется выражением

$$\Delta_n = \omega_n = 1,2 \sqrt{\omega_{см}^2 + \omega_{рег}^2 + \omega_{изм}^2}.$$

Погрешность регулирования положения инструмента определяется методом настройки и точностью используемых при настройке регулировочных средств (лимбов, индикаторов, миниметров, упоров, эталонов и т.п.). Погрешность регулирования резца составляет: при установке по эталонной детали (в зависимости от способа контроля положения инструмента) от 7...10 мкм до 100...130 мкм; при установке по индикаторному упору (в зависимости от цены деления прибора) от 1...2 до 10...15 мкм.

Настройка на размер по лимбам с разной ценой деления и по жесткому упору - распространенный способ настройки металлорежущих станков при изготовлении деталей. В обоих случаях настройки невозможно обеспечить абсолютно точную установку узла станка вследствие влияния погрешности настройки. Погрешность настройки связана с методом настройки и зависит от многообразных факторов: величины силы трения в направляющих, жесткости технологической системы, зазоров в кинематических цепях, точности отсчета, ширины штрихов на шкале лимба, расстояния между штрихами, квалификации рабочего и др.

### 1.3.2 Экспериментальное определение погрешности настройки

Величину погрешности настройки находят статистическим методом через построение кривых распределения на основе многократных наблюдений и математической обработки полученных результатов.

Чтобы получить данные для построения кривой распределения погрешности настройки по лимбу или жесткому упору, нужно многократно устанавливать узел станка (например, суппорт) в одно и то же положение с помощью лимба или жесткого упора, всякий раз фиксируя измерительным прибором фактическое положение узла станка. Схемы настройки станка для выполнения таких измерений приведены на рисунках 1.1 и 1.2.



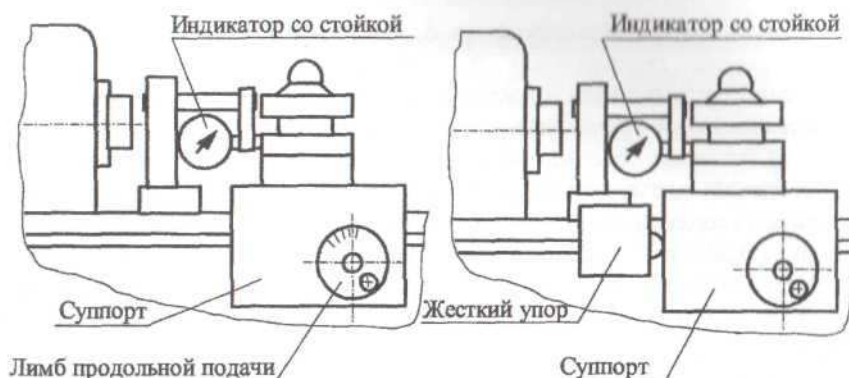


Рисунок 1.1 - Схема настройки станка по лимбу

Рисунок 1.2 - Схема настройки станка по жесткому упору

Полученные результаты группируют по интервалам, определяют частоты попадания результатов в каждый интервал и строят *полигон распределения* - ломаную кривую, соединяющую частоты, соответствующие серединам интервалов. По внешнему виду полигона распределения определяют предполагаемый вид теоретического распределения, соответствующего полученным результатам, определяют параметры распределения, проверяют соответствие экспериментального и теоретического распределений. В случае соответствия экспериментального и теоретического распределений находят поле рассеивания теоретического распределения, которое и определяет погрешность настройки.

### 1.3.3 Закон нормального распределения размеров

Известно, что нормальный закон рассеивания проявляется в условиях, когда действует большое число взаимно независимых факторов, среди которых нет доминирующего. Многочисленными исследованиями установлено, что при механической обработке деталей с точностью по 9-му качеству и грубое рассеивание размеров в большинстве случаев близко к нормальному.

Вид кривой нормального распределения определяется двумя параметрами: *средним арифметическим значением*  $X_{cp}$  и *средним квадратическим отклонением*  $\sigma$ . Применительно к точности обработки среднее арифметическое значение характеризует центр группирования размеров, т.е. настроечный размер. Изменение среднего арифметического значения приводит к смещению кривой распределения вдоль числовой оси. Величина среднего квадратического отклонения характеризует степень рассеивания размеров вдоль числовой оси. Чем меньше  $\sigma$ , тем уже кривая

нормального распределения и, следовательно, тем меньше рассеивание. В случае нормального распределения интервал  $\pm 3\sigma$  включает практически все возможные значения случайной величины (точнее, 99,73 %), поэтому интервал  $6\sigma$  характеризует поле рассеивания  $\omega$  случайной величины.

Функция плотности нормального распределения определяется как

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - X_{cp})^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.1)$$

где  $X_i$  - текущее значение.

Кривая нормального распределения представляет колоколообразную кривую, симметричную относительно среднего арифметического значения, асимптотически приближающуюся к числовой оси (оси абсцисс). Построение теоретической кривой нормального распределения следует выполнять относительно среднего арифметического значения, которое принимается за начало координат. Для построения кривой нормального распределения достаточно пяти основных точек и соответствующих пяти значений плотности распределения. Первая точка ( $y_1$ ) вычисляется для начала координат (нулевое отклонение от среднего арифметического значения)

$$y_1 = y_{\max} = \frac{0,4}{\sigma}. \quad (1.2)$$

Вторая и третья точки (точки перегиба,  $y_2$  и  $y_3$ ) вычисляются при отклонениях  $\pm\sigma$  относительно среднего арифметического значения,

$$y_2 = y_3 = \frac{0,24}{\sigma}. \quad (1.3)$$

Четвертая и пятая точки (точки перегиба,  $y_4$  и  $y_5$ ) - при отклонениях  $\pm 3\sigma$  относительно среднего арифметического значения. Для практических построений принимают, что  $y_4 = y_5 = 0$ .

При экспериментальных исследованиях погрешностей обычно фиксируется не абсолютный размер, а его отклонение  $\Delta$  от заданного значения. Среднее арифметическое значение измеряемой величины при этом

$$X_{cp} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta_i}{N}, \quad (1.4)$$

где  $\Delta_i$  - отклонение размера, соответствующее  $i$ -тому измерению,  
 $N$  - объем выборки.

В условиях ограниченного количества измерений экспериментально определяют выборочное среднее квадратическое отклонение

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta_i - X_{cp})^2}{N}}. \quad (1.5)$$

Среднее квадратическое отклонение, характеризующее соответствующую теоретическую кривую нормального распределения (так называемое генеральное среднее квадратическое отклонение), оценивают через выборочное среднее квадратическое отклонение по формуле

$$\sigma = pS, \quad (1.6)$$

где  $p$  – коэффициент, зависящий от объема выборки,

$$p = 1 + \frac{3}{\sqrt{2N}}. \quad (1.7)$$

Для упрощения расчетов значения случайной величины обычно группируют по  $n$  интервалам и находят частоты  $m_k$  соответствующие числу попаданий в  $k$ -й интервал. При этом формулы (1.4) и (1.5) принимают вид

$$X_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^n \Delta_{kc} m_k}{N}, \quad (1.8)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (\Delta_{kc} - X_{cp})^2}{n}}, \quad (1.9)$$

где  $\Delta_{kc}$  - координата середины  $k$  - го интервала.

При разбиении результатов измерений на интервалы необходимо, чтобы длина интервала была не менее удвоенной цены деления измерительного прибора. Для проверки соответствия экспериментального распределения теоретическому число интервалов должно быть не менее 6 (предпочтительно нечетное число интервалов - обычно 7, 9 или 11). После определения частот значений по интервалам строится полигон экспериментального распределения (ломаная кривая 1 на рисунке 1.3).

Для сопоставления теоретической кривой нормального распределения с экспериментально полученной кривой распределения необходимо привести вычисленные по формулам (1.2) и (1.3) значения  $y$  к масштабу, в котором построен полигон распределения экспериментальных отклонений. Пересчет выполняется умножением значений выражений (1.2) и (1.3) на объем выборки  $N$  и длину интервала группирования  $\Delta L$ . Тогда

$$y_1 = \frac{0,4 \cdot \Delta L \cdot N}{\sigma}, \quad (1.10)$$

$$y_2 = y_3 = \frac{0,24 \cdot \Delta L \cdot N}{\sigma}. \quad (1.11)$$

В соответствии с полученными данными строится кривая теоретического нормального распределения (кривая 2 на рисунке 1.3).

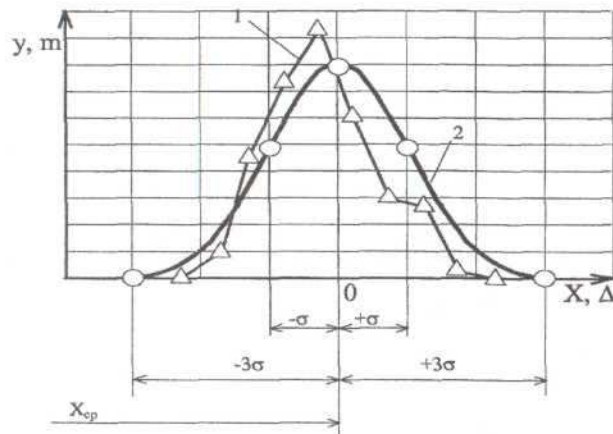


Рисунок 1.3 – Кривые нормального распределения