



Ю.И. Ветошкин
Н.А. Кошелева

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЛИ ЗАГОТОВОК ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Екатеринбург
2013

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра механической обработки древесины

Ю.И. Ветошкин
Н.А. Кошелева

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЛИ ЗАГОТОВОК ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Методические указания
к учебно-исследовательской лабораторной работе
по курсу «Технология изделий из древесины»
для студентов специальностей 250403, 250400
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2013

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБ и ДС.
Протокол № 2 от 26.09.2012 г.

Рецензент: доцент кафедры МОД, к.т.н. Чернышев О.Н.

Редактор Л.Д. Черных
Оператор компьютерной верстки Е.В. Карпова

Подписано в печать 27.12.13		Поз. 74
Плоская печать	Формат 60×84 ¹ / ₁₆	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,93	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Цель учебно-исследовательской работы по определению точности обработки деталей и заготовок из древесины – научить студентов контролировать точность обработки заготовок и деталей статистическим методом, анализировать результаты контроля и делать заключения о точности работы станка, где обрабатывалась заготовка.

Оценка точности обработки заготовок и деталей может быть использована для характеристики точности и стабильности технологических процессов.

Точность обработки – это степень соответствия обработанной детали ее номинальному размеру и заданной форме.

Точность или погрешность работы станка определяется полем рассеяния значений размеров партии деталей, обработанных на станке при определенном состоянии и настройке. Отклонения от заданного размера или формы является характеристикой погрешности обработки.

На точность работы станка оказывает влияние действие целого ряда погрешностей. Все они подразделяются на две группы: систематические и случайные.

Систематическая погрешность изготовления продукции – это погрешность, которая при одних и тех же условиях принимает одно и то же значение по модулю и знаку.

Систематические погрешности подразделяются на постоянные и переменные. Постоянная систематическая погрешность – это погрешность, которая принимает одно и то же значение по модулю и знаку (погрешности в основной кинематической схеме станка, неточности основных элементов приспособлений, непараллельность направляющих, перекос стола, неправильная установка ножей и пр.). Переменная систематическая погрешность – это погрешность изготовления продукции, закономерно изменяющаяся по модулю и знаку (износ и затупление режущего инструмента, износ приспособлений, температурные деформации элементов станка и инструмента и пр.).

Случайная погрешность изготовления продукции – это погрешность, которая при одних и тех же условиях принимает различные значения по модулю и знаку. Эти погрешности могут быть вызваны нестабильностью величин припусков на обработку, внутренними напряжениями в материале деталей и сборочных единиц, неоднородностью качества технологических баз заготовок и деталей, ошибками базирования деталей и сборочных единиц, неоднородностью механических свойств древесины, ошибками измерений, нестабильностью режимов обработки и т.п.

Суммировать погрешности необходимо с учетом следующих правил:

- 1) систематические погрешности складываются автоматически;
- 2) систематическая погрешность со случайной складываются арифметически;

3) случайные погрешности складываются по правилу квадратного корня:

$$\Delta = \sqrt{(k_1\Delta_1)^2 + (k_2\Delta_2)^2 + \dots + (k_n\Delta_n)^2},$$

где Δ – суммарная погрешность;

$\Delta_1\Delta_2$ – составляющие погрешности;

k_1k_2 – коэффициенты, зависящие от вида кривых распределения составляющих погрешностей.

Если погрешности подчиняются одному и тому же закону распределения, то $k_1 = k_2 = k_3 = \dots = k_n = K$, и суммарную погрешность определяют по формуле

$$\Delta = K\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}.$$

Погрешность можно определять двумя методами: расчетно-аналитическим и статическим.

По *расчетно-аналитическому методу* определяют отдельные составляющие погрешности с учетом факторов, вызвавших их появление. Затем эти погрешности складывают, руководствуясь изложенными правилами, и получают суммарную погрешность. Недостаток метода – большая трудоемкость.

По *статистическому методу* проводят наблюдения и замеры выборки из партии деталей, которая обрабатывается на станке, проводят статистическую обработку результатов измерений и делают выводы о точности обработки [1–4].

При выполнении лабораторной работы используется статистический метод определения погрешности обработки, так как на основе закона больших чисел при многократном повторении в большинстве случаев погрешности носят случайный характер. Распределение составляющих погрешностей подчиняется закону нормального распределения, т.е. закону Гауса ($K=1$), который математически может быть выражен формулой:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где y – частота (вероятность) появления погрешности в зависимости от величины X погрешностей;

X – погрешность размера, отсчитываемая от центра группирования, т.е. от среднего размера \bar{X} ;

σ – средняя квадратическая погрешность (характеристика кривой).

Отклонение от среднего значения \bar{X} величин;

\bar{X} – среднее арифметическое значение или центр группирования размеров, которое определяется по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum xi \cdot ni}{\sum_{i=1}^n ni}, \quad (2)$$

где Xi – величина каждого i -го значения,

ni – количество всех замеров; $ni=N$.

Среднее квадратическое отклонение определяет пределы колебания значений замеров относительно среднего арифметического их значения.

Среднее квадратическое отклонение определяется по формуле

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2 \cdot ni}{\sum_{i=1}^n ni}}, \quad (3)$$

где знаки \pm показывают, что отклонения могут быть как в ту, так и в другую сторону от центра группирования размеров (\bar{X}).

Если колебание замеров в партии относительно центра группирования происходит в пределах $\pm\sigma$, то вероятность охвата замеров составит 68,27 %, а в пределах $\pm 3\sigma$ – 99,73 %, т.е. почти 100 % замеров в партии, так как только 0,27 % случайных величин попадает вне пределов кривой нормальной распределения (такая закономерность в математической статистике получила название правила трех сигм σ).

Порядок изменения погрешности определяется коэффициентом изменчивости или вариационным коэффициентом (V), который выражается формулой

$$V = \pm \frac{\sigma}{\bar{x}} 100 \%. \quad (4)$$

Рассматриваемый метод обработки результатов измерений деталей применим при выборочном контроле точности обработки деталей.

Под *выборочным контролем* понимается контроль точности партии деталей по точности группы деталей, взятой (без подбора) из контролируемой партии.

Средний размер деталей в контролируемой партии может быть установлен по среднему размеру деталей в группе (\bar{X}) и по средней ошибке среднего арифметического.

Средняя ошибка определяется по формуле

$$\bar{X}_c = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}}. \quad (5)$$

Для 100 % деталей в партии средний вероятный ($\bar{X}_{вер}$) размер определяется по формуле

$$\bar{X}_{вер} = \bar{X} \pm 3\bar{X}_c . \quad (6)$$

Эта закономерность в статистике получила название правила трех средних ошибок.

Показатель точности исследования определяется по формуле

$$P = \pm \frac{\sigma}{\bar{X}\sqrt{N}} . \quad (7)$$

Если величина показателя точности исследований равна или меньше 5 %, считается, что точность исследований вполне достаточна, а полученные выше данные могут характеризовать средние значения замеров с достоверностью 95 %.

В процессе выполнения работы необходимо сделать следующее:

- 1) измерить детали после обработки на станке;
- 2) полученные размеры сгруппировать по интервалам;
- 3) определить статистические характеристики распределения замеров;
- 4) определить возможные предельные значения размера и установить допуск на заданный размер по ГОСТ 6449.1-82 «Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски и посадки»;
- 5) построить опытный полигон и теоретическую кривую распределения;
- 6) на графике нанести предельные отклонения размеров по ГОСТ 6449.1-82 «Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски и посадки»;
- 7) установить вероятность соблюдения заданного допуска или процент годных для последующей обработки или сборки деталей из общего числа обработанных, определить количество возможного брака;
- 8) установить абсолютную и относительную погрешности настройки станка;
- 9) определить средний вероятный размер партии обработанных деталей;
- 10) сделать общие выводы по работе.

**ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ**

1. Сделать 50+100 замеров указанных заданием размеров обработки. Измерять следует по середине плоскости, образующей контролируемый размер.

Полученные замеры записываются последовательно в табл. 1.

2. Полученные размеры сгруппировать по интервалам и сделать соответствующие расчеты в табл. 2. Для этого из полученных 50+100 замеров выделить наибольший и наименьший фактические значения размеров (X_{\max} , X_{\min}).

Таблица 1

№ п/п	Величина замера	№ п/п	Величина замера	№ п/п	Величина замера	№ п/п	Величина замера
1	10,09						
2	10,24						
						79	10,32
						80	10,15

Количество интервалов определяется произвольно и может быть принято от 7 до 10.

Для определения границ интервалов необходимо определить длину интервала по формуле

$$\Delta X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m},$$

где m – количество интервалов (7...10);

$X_{\max} - X_{\min}$ – фактическое поле рассеивания размеров.

В расчетной таблице интервалы располагаются в возрастающем порядке от наименьшего фактического значения к наибольшему через промежуточные, как показано на рис. 1, например, для 10 интервалов.

В четвертой колонке табл. 2 устанавливается частота или количество замеров в определенном интервале.

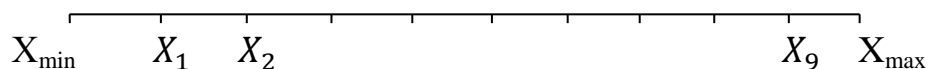


Рис. 1. Графическое изображение группирования размеров

3. Пользуясь результатами расчетов, приведенных в табл. 2, определите статистические характеристики распределения размеров ($\bar{x}\sigma$) по формулам (2) и (3).

Таблица 2

Расчетная таблица

№ п/п	Границы интервалов в мм	Середина интервала, x_i	Частота, n_i	$(x_i - n_i)$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2 n_i$
1	2	3	4	5	6	7
1	$\bar{x}_{\min} - x_1$					
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10	$x_9 - x_{\max}$					
			$\sum n_i$	$\sum x_i n_i$		$\sum (x_i - \bar{x})^2 n_i$

4. Определите возможные предельные отклонения размера по ГОСТ 6449.1-82 и рассчитайте середину поля допуска по формуле

$$d_{cp} = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2},$$

где d_{\max} – максимальный предельный размер,
 d_{\min} – минимальный предельный размер.

5. Построение опытного полигона и кривой нормального распределения начинается с нанесения на оси абсцисс значений середин интервалов (колонка 3 табл. 2) и на оси ординат – значений частот

(колонка 4 табл. 2). Точки пересечения соединяются ломаной линией, которая характеризует фактическое распределение замеров.

Кривая нормального распределения или кривая Гаусса (1) должна быть построена по рассчитанным статистическим характеристикам \bar{X} , σ . Для этого на оси абсцисс определяется центр группирования размеров (\bar{X}), и относительно его должны быть расположены характерные точки, значение которых определяется по закону $\pm 3\sigma$. Симметрично относительно точки \bar{X} располагаются точки $x_1 = \bar{x} \pm \sigma$, $x_2 = \bar{x} \pm 2\sigma$ и $x_3 = \bar{x} \pm 3\sigma$. Таким образом на графике определено расчетное поле рассеивания размеров, которое при условии правильности расчетов приблизительно равно разности между наибольшим и наименьшим фактическими размерами ($X_{\max} - X_{\min}$).

Для построения кривой нормального распределения необходимо определить значение ординат для соответствующих точек на оси абсцисс ($X_0 = \bar{X}, X_1, X_2, X_3$).

Расчетная ордината (Y) – это расчетная частота повторения значений размеров, она определяется по ф. (1).

Если выражение $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\pi}}$ обозначить через y_0 , то значение ординат может быть определено по формуле

$$Y = Y_0 \cdot \frac{\Delta x}{\sigma} \cdot N. \quad (8)$$

Максимальное значение ордината имеет в точке ($X_0 = \bar{X}$), совпадающей с центром группирования размеров. По мере удаления от точки X_0 расчетная частота или плотность распределения падает, а при X значение которого стремится к $\pm\infty$, кривая асимптотически приближается к оси абсцисс.

Значения Y_0 для разных вариантов расположения точек на оси абсцисс могут быть установлены по табл. 3.

Таблица 3

Значение Y_0

Точка на оси X	Значения Y_0
$X_0 = X$	0,4
$X_1 = X \pm 1$	0,24
$X_2 = X \pm 2$	0,054
$X_3 = X \pm 3$	0,0044

Определенные значения ординат для соответствующих точек на оси абсцисс должны быть записаны в табл. 4.

Значение расчетных ординат и абсцисс

Значение точек на оси абсцисс	n	Абсолютные значения		
		абсцисс		ординат
		$\bar{x} - n\sigma$	$\bar{x} + n\sigma$	y
$x_0 = \bar{x}$				
$x_1 = \bar{x} \pm \sigma$	1			
$x_2 = \bar{x} \pm 2\sigma$	2			
$x_3 = \bar{x} \pm 3\sigma$	3			

Соответствующее значение ординат нанести на график и соединить точки плавной кривой так, как это показано на рис. 2.

6. Значения предельных допустимых размеров нанести на график и из соответствующих точек на оси абсцисс восстановить перпендикуляры до пересечения с опытной и теоретической кривыми.

7. Вероятность соблюдения заданного допуска определяется при сравнении кривой фактического распределения полученных замеров с кривой нормального распределения случайных величин (рис. 2.).

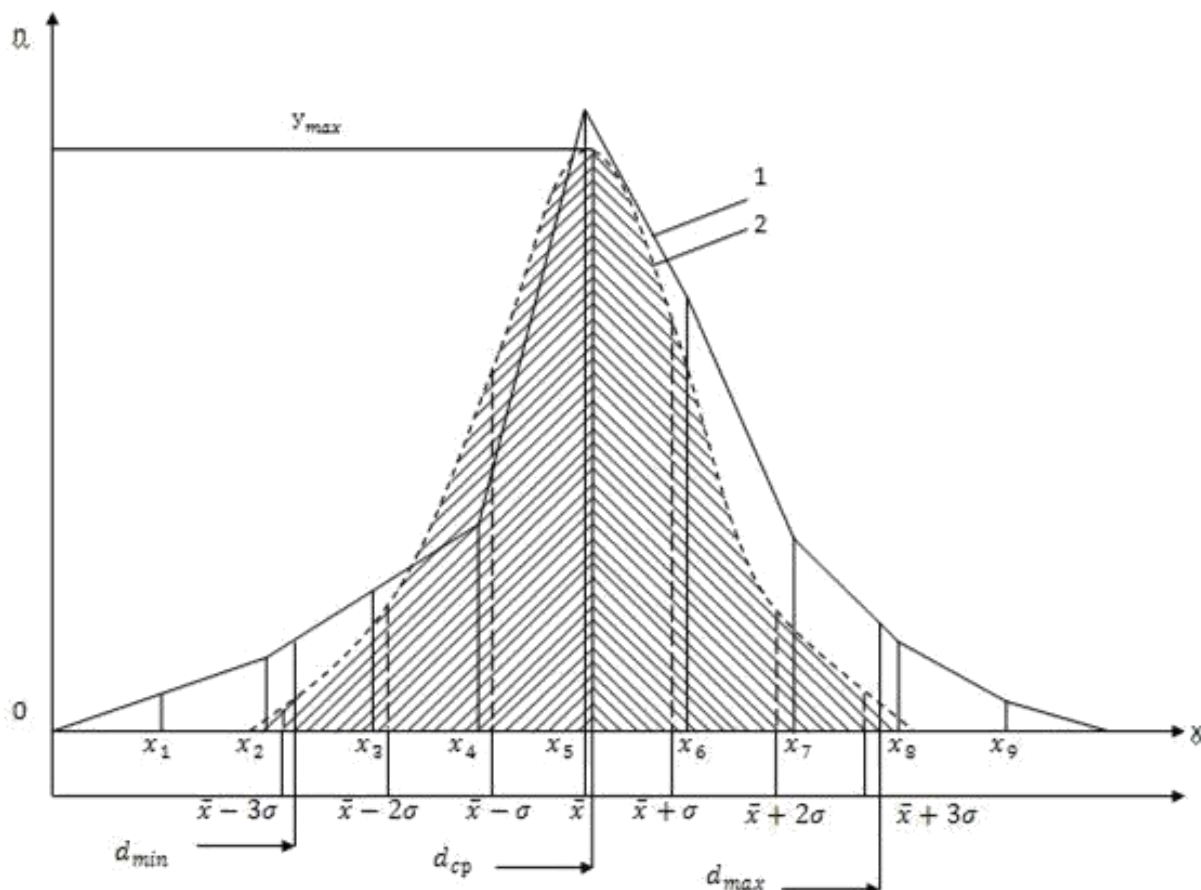


Рис. 2. Фактическое и нормальное распределение случайных величин:
1 – кривая опытного полигона; 2 – кривая Гаусса

Она может быть определена процентом количества деталей, размеры которых после обработки соответствуют размерам, заданным чертежом, с учетом допуска на их изготовление (рис. 3.).

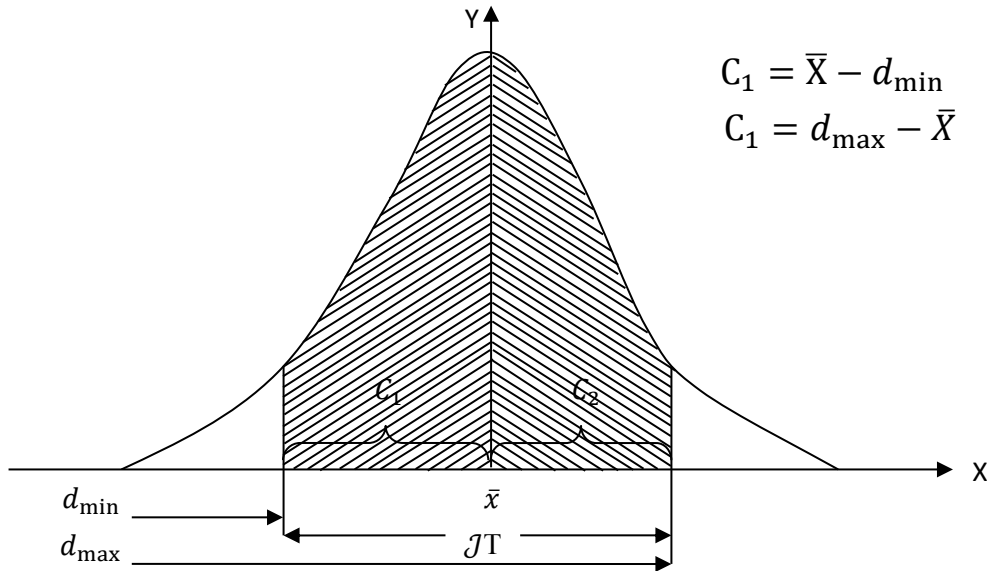


Рис. 3. Вероятность соблюдения заданного допуска:
 d_{\min} – минимальный предельнодопустимый размер детали;
 d_{\max} – максимальный предельнодопустимый размер детали;
 JT – допуск на изготовление детали,
 $JT = d_{\max} - d_{\min}$.

Площадь, заштрихованная под кривой нормального распределения, соответствует количеству (в процентах) деталей, лежащих в пределах поля допуска. Количество (i) таких деталей может быть определено с помощью функции Лапласа $\Phi(Z)$, различные значения которой определяются при известных отношениях:

$$Z_1 = \frac{c_1}{\sigma}; \quad Z_2 = \frac{c_2}{\sigma}.$$

По табл. 5 определяются значения функции $\Phi(Z_1)$, $\Phi(Z_2)$ Лапласа. Общий процент годных деталей составит сумму:

$$i = \Phi(Z) = \Phi(Z_1) + \Phi(Z_2).$$

Результаты произведенной исследовательской работы должны быть представлены в виде отчета (прил.).

Вероятный процент брака будет равен разности:

$$100 - \Phi(Z) \cdot 100 \%$$

8. Величина абсолютной погрешности настройки станка определяется по формуле

$$M_E = \bar{X} - d_{cp}.$$

Величина относительной погрешности настройки определяется по формуле

$$t = \frac{M_{E0}}{\sigma}.$$

По этим показателям определите качество настройки станка.

9. Средний вероятный размер партии обработанных деталей определяется по значению \bar{X} и средней ошибки среднего арифметического размера.

10. Общие выводы по работе делаются с учетом всех вышеперечисленных расчетов, а также после определения вариационного коэффициента и показателя надежности опыта (Р).

Нормальным для деревообработки принято считать $P \leq 5\%$.

Таблица 5

Значения функции Лапласа

Z	Φ(Z)	Z	Φ(Z)	Z	Φ(Z)	Z	Φ(Z)	Z	Φ(Z)
0,00	0,0000	0,23	0,0910	0,47	0,1808	0,90	0,3159	1,90	0,4713
0,01	0,0040	0,24	0,0948	0,48	0,1844	0,92	0,3212	1,95	0,4744
0,02	0,0080	0,25	0,0987	0,49	0,1879	0,94	0,3264	2,00	0,4772
0,03	0,0120	0,26	0,1026	0,50	0,1915	0,96	0,3315	2,10	0,4821
0,04	0,0160	0,27	0,1064	0,52	0,1985	0,98	0,3365	2,20	0,4861
0,05	0,0199	0,28	0,1103	0,54	0,2054	1,00	0,3413	2,30	0,4893
0,06	0,0239	0,29	0,1141	0,56	0,2123	1,05	0,3531	2,40	0,4918
0,07	0,0279	0,30	0,1179	0,58	0,2190	1,10	0,3643	2,50	0,4938
0,08	0,0319	0,31	0,1217	0,60	0,2257	1,15	0,3749	2,60	0,4953
0,09	0,0359	0,32	0,1255	0,62	0,2324	1,20	0,3849	2,70	0,4965
0,10	0,0398	0,33	0,1293	0,64	0,2389	1,25	0,3944	2,80	0,4974
0,11	0,0438	0,34	0,1331	0,66	0,2454	1,30	0,4032	2,90	0,4981
0,12	0,0478	0,35	0,1388	0,68	0,2517	1,35	0,4115	3,00	0,4986
0,13	0,0517	0,36	0,1406	0,70	0,2580	1,40	0,4192	3,20	0,49931
0,14	0,0557	0,37	0,1443	0,72	0,2642	1,45	0,4265	3,40	0,49966
0,15	0,0596	0,38	0,1480	0,74	0,2703	1,50	0,4332	3,60	0,49984
0,16	0,0636	0,39	0,1517	0,76	0,2764	1,55	0,4394	3,80	0,49993
0,17	0,0675	0,40	0,1554	0,78	0,2823	1,60	0,4452	4,00	0,49997
0,18	0,0714	0,41	0,1591	0,80	0,2881	1,65	0,4555	4,50	0,499997
0,19	0,0753	0,42	0,1628	0,82	0,2939	1,70	0,4554	5,00	0,499999
0,20	0,0793	0,44	0,1700	0,84	0,2995	1,75	0,4599		
0,21	0,0832	0,45	0,1736	0,86	0,3051	1,80	0,4641		
0,22	0,0871	0,46	0,1772	0,88	0,3106	1,85	0,4678		

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильинский С.А. Технический контроль в деревообрабатывающей промышленности. М., «Лесная промышленность», 1972.
2. ГОСТ 6449.1-5-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски и посадки. М., 1982.
3. Гончаров Н.А. и др. Технология изделий из древесины. М., «Лесная промышленность», 1990.
4. Справочник мебельщика / Под ред. В.П. Бухтиярова. М., 2003.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ФОРМА ОТЧЕТА ПО УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра механической обработки древесины

ОТЧЕТ

По лабораторной работе
“Определение точности обработки деталей
или заготовок из древесины”
по курсу “Технология изделия из древесины”

Работу выполнили студенты
группы МТД_____

Ф.И.О.

Работу принял_____

Ф.И.О. преподавателя

«_____» _____ 2013 г.