

©Смирнов И.П.

## ТРУДОЕМКОСТЬ ЧЕРНОВОЙ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

### 1. Постановка проблемы

Развитие серийного машиностроения, в частности подъемно-транспортного, предполагает разработку и освоение производства новых конструкций деталей и изделий в кратчайшие сроки.

Детальная проработка техпроцесса изготовления отдельных деталей довольно продолжительна по времени и сдерживает связанный с ее результатами остальной комплекс работ по технологической подготовке производства.

Для сокращения сроков освоения выпуска новой продукции, выбора оптимального варианта заготовки и техпроцесса необходимо еще на ранней стадии технологической подготовки знать

**2. Цель работы** – определение трудоемкости черновой обработки деталей на станках токарной группы без детальной проработки технологического процесса.

### 3. Анализ существующих решений

В настоящее время предварительная трудоемкость токарной обработки определяется по зависимости [1]

$$T_{шт} = 10^{-3} \cdot D_{об} \cdot L \cdot K_O \cdot K_{BO}, \text{ мин.} \quad (1)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;

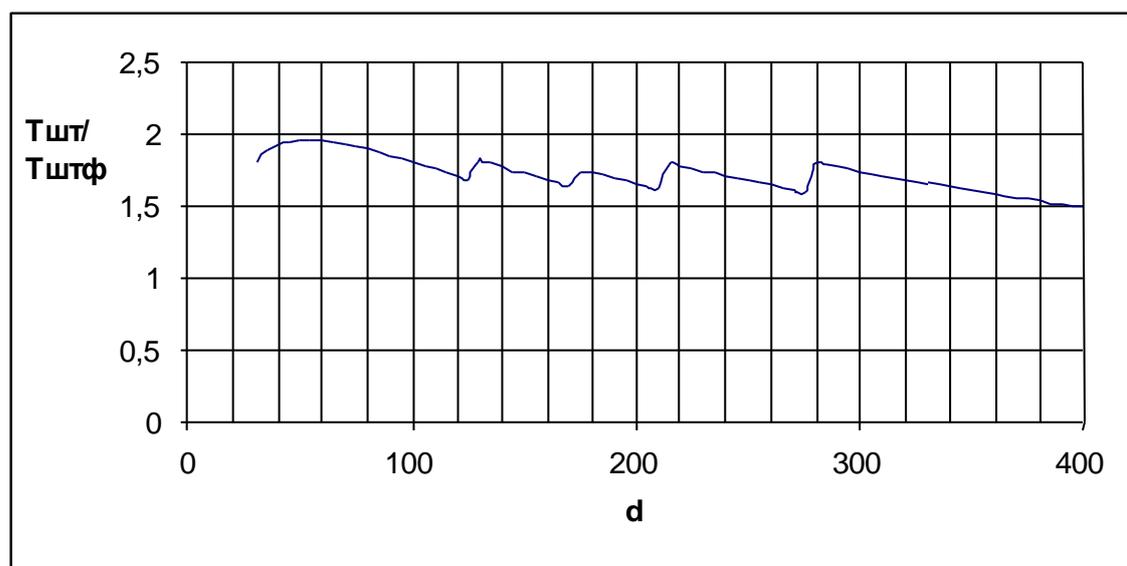
$D_{об}$  – диаметр обрабатываемой заготовки, мм;

$L$  – длина обрабатываемой заготовки, мм;

$K_o$  – коэффициент основного времени;

$K_{eo}$  – коэффициент, учитывающий вспомогательное время, время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности.

Фактическое штучное время  $T_{шт.ф.}$  (рассчитано аналитически согласно [2] при глубине резания  $t = 5$  мм) отличается от полученного по формуле (1) в 1,5 – 1,98 раза (рис. 1).



**Рис. 1** – Зависимости отношения  $T_{шт}/T_{шт.ф.}$  от диаметра  $d$  при глубине резания  $t = 5$  мм

Данная ошибка (до 200%) вызвана, на наш взгляд, тем, что формула (1) учитывает только диаметр и длину обработки. По (1) увеличение диаметра в два раза приводит к увеличению штучного времени также в два раза, но общий путь резания возрастает в  $2\pi = 2 \cdot 3,14 = 6,28$  раз, соответственно, также должно возрасти и время обработки.

На наш взгляд, учет массы снимаемого в единицу времени материала (стружки) даст более точную характеристику продолжительности технологического процесса, тем более, что масса детали и масса заготовки часто заранее известна.

Зависимость штучного времени токарной обработки деталей от массы стружки, мощности станка, а также других факторов рассмотрена в этой статье.

#### 4. Основной материал

Основной задачей черновой обработки является снятие максимального количества материала за минимальное время.

Аналитическое определение режимов резания производилось по [2] при вариации:

- глубины резания от  $t = 0,5$  мм до  $t = 7,5$  мм с шагом 0,5 мм;
- диаметра обработки от  $d = 5$  мм до  $d = 400$  мм с шагом 5 мм;
- отношений длины детали к диаметру от  $l/d = 1$  до  $l/d = 8$  с шагом 1;
- мощности станка от  $N_c = 1$  кВт до  $N_c = 30$  кВт с шагом 1 кВт.

Остальные исходные данные принимались следующие:

- максимальная скорость резания ограничивалась  $V_{max} = 200$  м/мин.
- максимальная подача ограничивалась величиной  $S_{max} = 1,2$  мм/об.
- предел прочности  $\sigma = 500$  МПа.
- период стойкости инструмента  $T = 60$  мин.
- радиус при вершине резца  $r = 1$  мм.

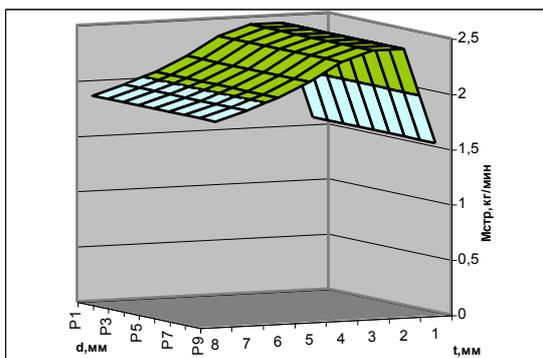
— коэффициенты для расчета режимов резания принимались следующие:

$$C_v = 350, C_n = 0.008, x = 0.15, y = 0.35, K_v = 1.54, m = 0.2, K_o = 0.17, K_{eo} = 2.$$

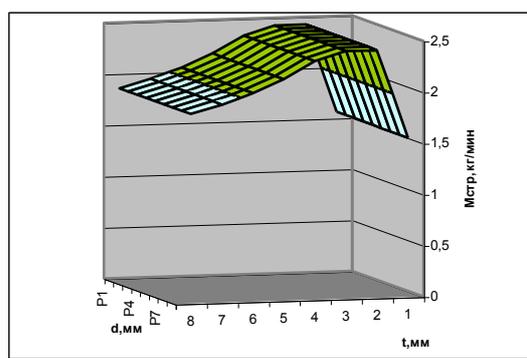
Расчет вариантов режимов резания проводился на ПК. Для каждого варианта определялась подача, скорость резания, частота вращения шпинделя, основное время, вспомогательное время, фактическое штучное время, объем и масса снимаемого за единицу времени материала.

Масса снимаемой в единицу времени стружки  $M_{стр}$  (кг/мин.) в зависимости от диаметра  $d$  (мм) и глубины резания  $t$  (мм) при мощности двигателя станка  $N_c = 10$  кВт и различных отношениях длины детали к её диаметру  $L/D$  представлены на рис. 2.

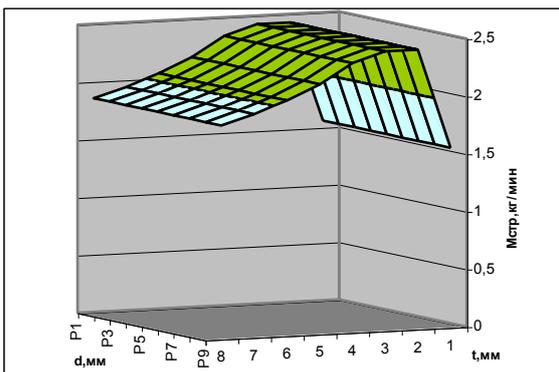
Масса снимаемой в единицу времени стружки в зависимости от диаметра обработки и глубины резания при различной мощности резания представлены на рис. 3. Отношение длины детали к её диаметру  $L/D = 5$ .



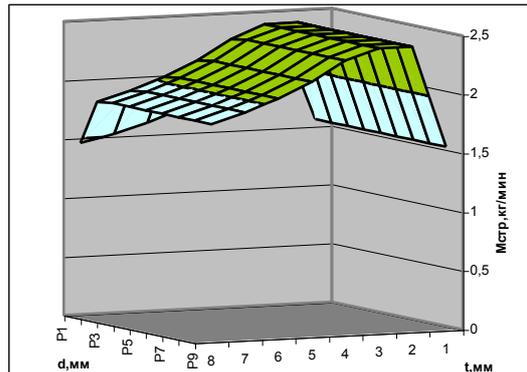
а)



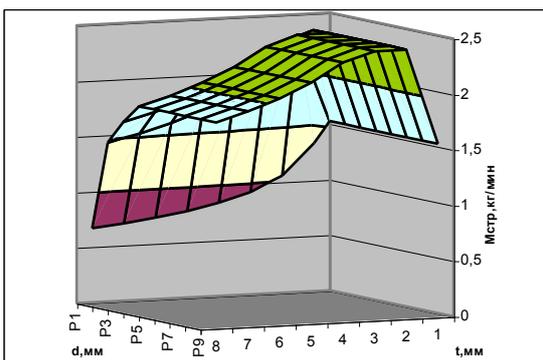
б)



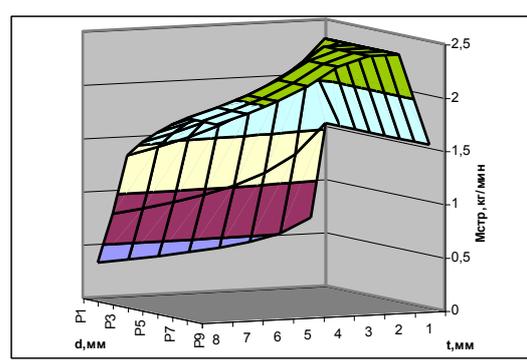
в)



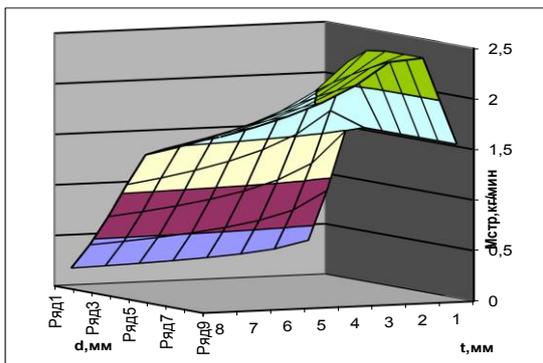
г)



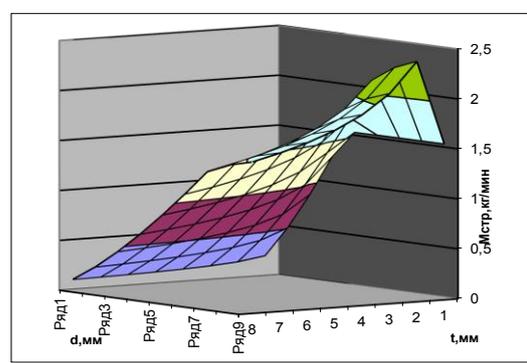
д)



е)

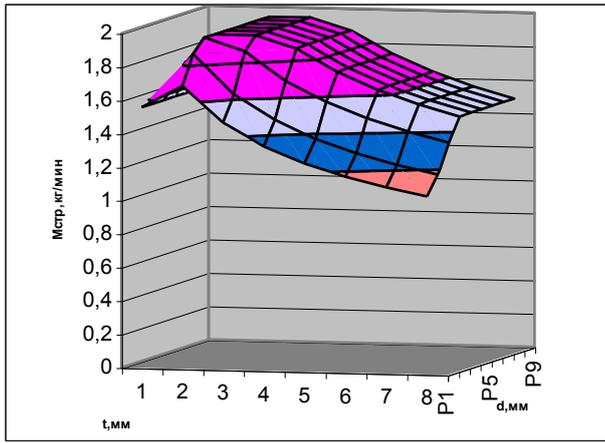


ж)

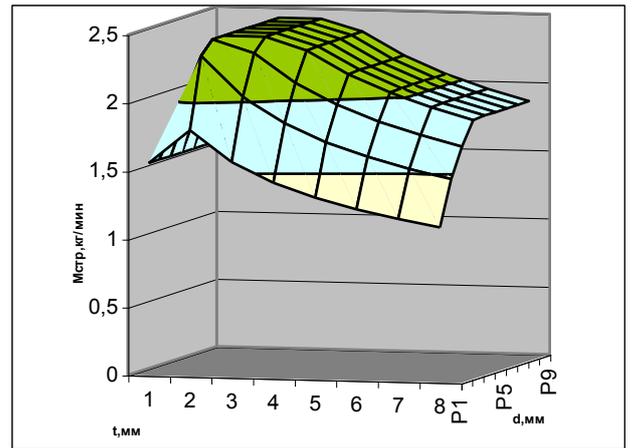


з)

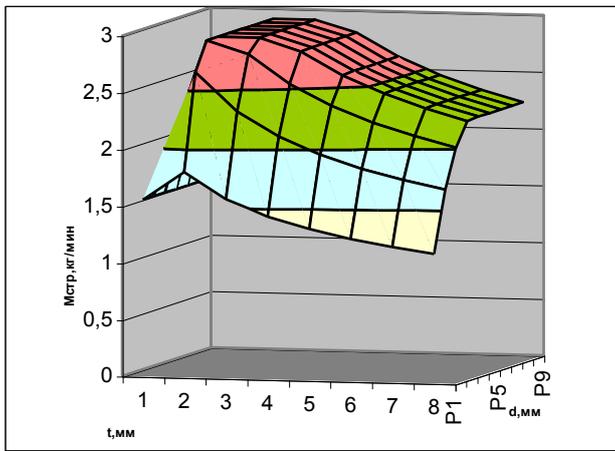
**Рис. 2** – Зависимость минутной массы стружки от диаметра и глубины резания при отношении длины детали к её диаметру: а)  $L/D = 1$ , б)  $L/D = 2$ , в)  $L/D = 3$ , г)  $L/D = 4$ , д)  $L/D = 5$ , е)  $L/D = 6$ , ж)  $L/D = 7$ , з)  $L/D = 8$



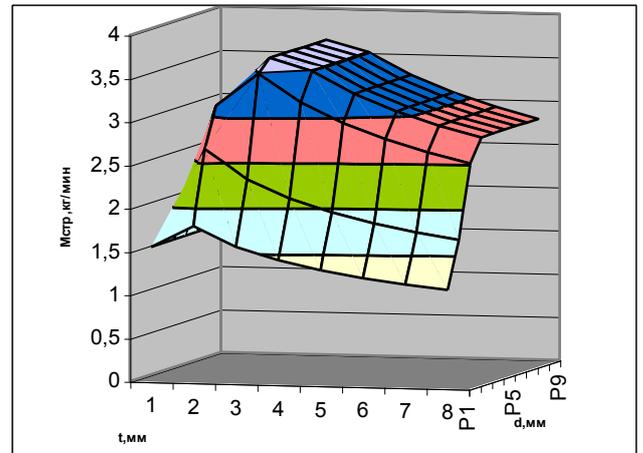
а)



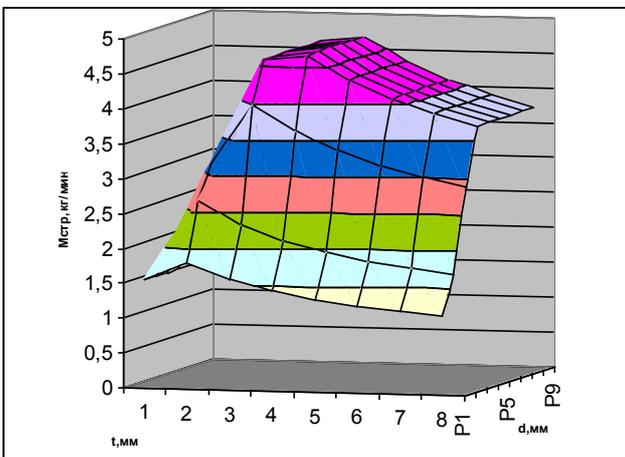
б)



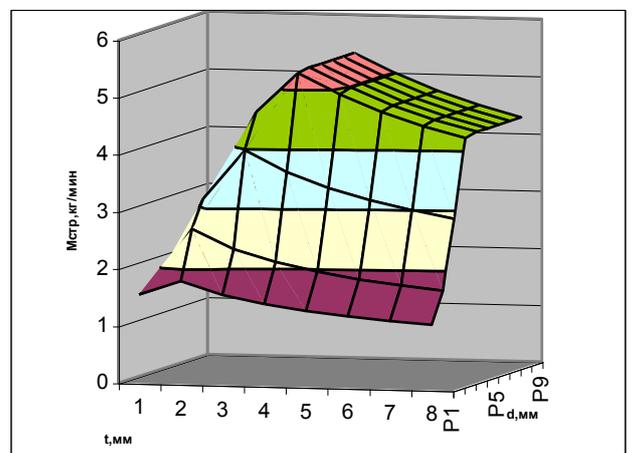
в)



г)



д)



е)

**Рис. 3** – Масса снимаемой в минуту стружки в зависимости от диаметра обработки и глубины резания при мощности резания: а)  $N = 8$  кВт, б)  $N = 10$  кВт, в)  $N = 12$  кВт, г)  $N = 15$  кВт, д)  $N = 20$  кВт, е)  $N = 25$  кВт

Анализируя представленные выше графики, можно сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

- основное время обработки прямо пропорционально массе снимаемой стружки;

- наиболее производительным на всем диапазоне отношения  $L/D$  является обработка при площади поперечного сечения стружки  $tS=3 \text{ мм}^2=\text{const}$ ;

- масса снимаемой в единицу времени стружки напрямую зависит от мощности станка. Увеличение мощности на 1 кВт увеличивает массу стружки на 0,2 кг за минуту;

- увеличение мощности станка эффективно только до величины 20 кВт на инструмент. Дальнейшее увеличение мощности применять неэффективно.

Таким образом, можно записать

$$T_O = \frac{M_3 - M_D}{M_{стр}}, \text{ мин.}, \quad (2)$$

где  $M_3 - M_D$ , кг – разница в массе между заготовкой и деталью (масса стружки);

$M_{стр}$ , кг/мин. – масса стружки в единицу времени.

Масса заготовки и масса детали принимается из чертежных данных.

Под массой стружки в единицу времени понимаем

$$M_{стр} = N_c \cdot M_{уд}, \quad (3)$$

где  $M_{уд}$  – удельная масса снимаемого материала за 1 минуту на 1 кВт мощности станка, кг/мин·кВт.

$N_c$  – мощность станка, кВт.

С учетом (3) формула (2) приобретает вид

$$T_O = \frac{M_3 - M_D}{N_c \cdot M_{уд}}, \text{ мин.} \quad (4)$$

Штучное время определяется аналогично расчетам чистовой обработки [3]

$$T_{шт} = 1,1 \left[ T_O + \left( 1 + \frac{M_3}{K} \right) \right], \quad (5)$$

где  $T_O$  – основное время на операцию, мин.;

$T_8$  – вспомогательное время на операцию, мин.

где  $K$  – коэффициент, который определялся в зависимости от массы заготовки, кг/мин. ([3], таблица 3.2).

Подставляя (4) в формулу (5), получим окончательное выражение зависимости штучного времени

$$T_{шт} = 1,1 \left[ \frac{M_3 - M_D}{N_C \cdot M_{уд}} + \left( 1 + \frac{M_3}{K} \right) \right], \text{ мин.} \quad (6)$$

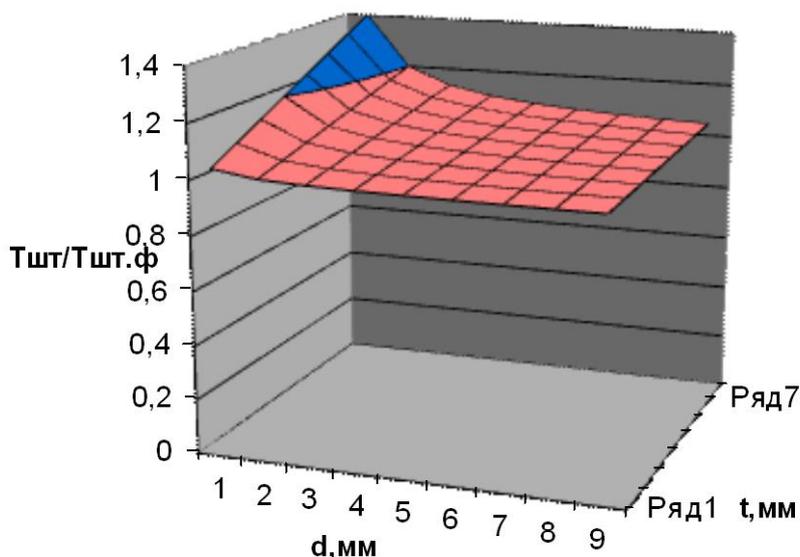
где  $M_3$  – масса заготовки, кг;

$M_D$  – масса детали, кг;

$M_{уд}$  – удельная масса снимаемого материала за 1 минуту на 1 кВт мощности станка. По нашим расчетам  $M_{уд} \approx 0,2$  кг/мин\*кВт;

$N_C$  – мощность станка, кВт.

Сравнение результатов расчетов штучного времени по формуле (6) с реальными данными (получены ранее аналитически) дает удовлетворительный результат. Разница не превышает 10% за исключением редких случаев обработки диаметров менее 30 мм при глубине резания свыше 5 мм, когда отклонение возрастает до 40%. Определенное расчетом по формуле (6) штучное время несколько превышает фактическое, то есть отклонения направлены в запас (рис. 4).



**Рис. 4** – Отношение штучного времени  $T_{шт}$  по (6) к фактическому штучному времени  $T_{шт.ф}$  при вариации глубины резания от  $t = 0,5$  мм до  $t = 7,5$  мм и диаметра обработки от  $d = 5$  мм до  $d = 400$  мм.

## **Выводы**

Взаимосвязь трудоемкости механической обработки поверхностей вращения от массы снимаемого материала позволит более точно определить штучное время на начальной стадии разработки технологического процесса.

## **Список использованных источников:**

1. Горбачевич А. Г. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Г. Горбачевич, В. А. Шкред. – М.: Высшая школа, 1983. – 256 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / под ред. А. Г. Косилово, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
3. Смирнов И. П. Предварительное определение трудоемкости чистовой токарной обработки при серийном производстве / И. П. Смирнов // Машинобудування : зб. наук. пр / Укр. інж.-пед. акад. – Х., 2012. – № 9. – С. 191–199.

***Смирнов И.П.*** «Трудоемкость черновой токарной обработки при производстве подъемно-транспортных машин».

В статье рассмотрена зависимость штучного времени при черновой обработке заготовок на токарных станках от массы заготовки и детали и мощности станка. Предложенная методика расчета трудоемкости механической обработки позволяет сократить сроки технологической подготовки производства и снизить вероятность ошибок при проектировании.

***Ключевые слова:*** трудоемкость, черновая токарная обработка, штучное время, масса стружки.

***Смирнов І.П.*** «Трудомісткість чорнової токарної обробки при виробництві підйомно-транспортних машин».

У статті розглянуто залежність штучного часу при чорновій обробці заготовок на токарних верстатах від маси заготовки і деталі і потужності верстата. Запропонована методика розрахунку трудомісткості механічної обробки дозволяє скоротити терміни технологічної підготовки виробництва і знизити ймовірність помилок при проектуванні.

**Ключові слова:** трудомісткість, чорнова токарна обробка, штучний час, маса стружки.

**Smirnov I.P.** “The laboriousness of rough turning processing in the production of industrial machines”.

In this article the relationship of time rough machining on lathes from the mass of the work piece and the parts and power machine. The proposed method of calculating the laboriousness of machining reducing time technological preparation of production and reduce the possibility of errors in the designing.

**Key words:** laboriousness, rough processing, handling time, the mass of shavings.

Стаття надійшла до редакції 19 жовтня 2012 р.