

УДК 658.531:621.9

©Смирнов И.П.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ЧИСТОВОЙ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1. Постановка проблемы

Динамика развития машиностроения, в том числе и подъемно-транспортного, предполагает разработку новых конструкций деталей и изделий и освоение их производства в кратчайшие сроки.

В процессе технологической подготовки производства, технолог сталкивается с решением множества задач, от решения которых зависит качество и себестоимость конечной продукции. При недостатке времени на детальную проработку технологического процесса, нередки случаи, когда в производство запускается не самый оптимальный вариант получения детали и изделия.

Определение трудоемкости механической обработки на ранней стадии проектирования технологического процесса, позволяет сократить сроки технологической подготовки и снизить вероятность ошибок.

2. Цель работы – создание методики расчета трудоемкости чистовой обработки изделий на токарных станках на начальной стадии проектирования технологического процесса.

3. Анализ существующих решений

Общепринятый в настоящее время предварительный расчет нормы штучного времени на начальной стадии проектирования технологического процесса не всегда дает результат с удовлетворительной точностью.

Штучное время при обработке наружных поверхностей вращения на токарном станке, определяется по зависимости [1]

$$T_{\phi\delta} = 10^3 \cdot D_{\hat{a}} \cdot L \cdot K_0 \cdot K_{\hat{A}\hat{f}}, \text{ мин,} \quad (1)$$

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

L – длина обрабатываемой заготовки, мм;

K_0 – коэффициент основного времени;

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

Сравнение результатов, полученных по формуле (1) с фактическими значениями $T_{шт.ф.}$, полученными аналитически согласно [2], представлено на рис. 1.

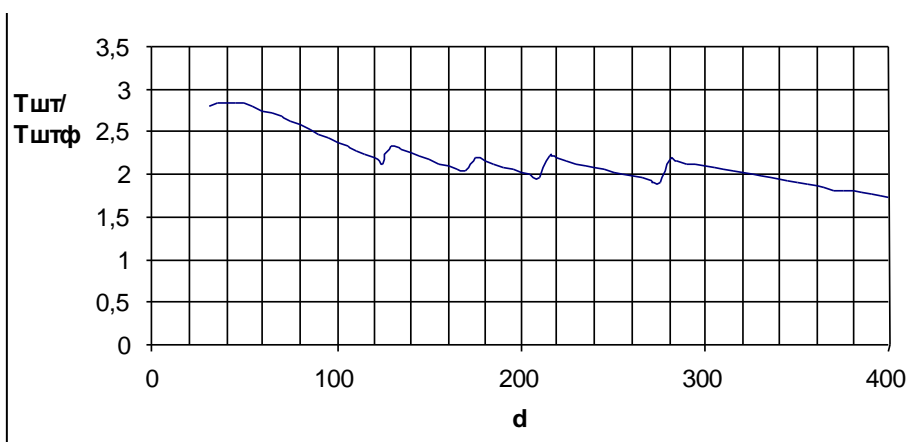


Рис. 1 – Зависимости отношения $T_{шт}/T_{штф}$ от диаметра d при глубине резания $t = 0,5$ мм

Данная ошибка (до 280 %) вызвана, на наш взгляд, тем, что формула (1) учитывает только диаметр обработки и длину детали.

Учет массы снимаемого в единицу времени материала (стружки) и требуемой шероховатости поверхности дает более точную характеристику трудоемкости технологического процесса.

Взаимосвязь на начальной стадии проектирования технологического процесса величины штучного времени от массы стружки, глубины резания, шероховатости поверхности, а также других параметров отражена в этой статье.

4. Основной материал

Основной задачей чистовой обработки является достижение заданной точности и шероховатости поверхности за минимальное время.

Аналитическое определение подач производилось при вариации глубины резания от $t = 0,1$ мм до $t = 0,8$ мм с шагом $0,1$ мм и шероховатости в пределах $R_z 5$ мкм – $R_z 90$ мкм.

Остальные исходные данные принимались следующие: φ (град) = 60° – главный угол резца в плане, φ_1 (град) = 30° – вспомогательный угол резца в плане, $K_{pz} = 0,7$ - комплексный коэффициент, $C_n = 0,008$ – коэффициент, $z = 0,3$ – показатель степени, $r = 1$ мм - радиус при вершине резца, $x = 0,3$ – показатель степени, $y = 1,4$ - показатель степени, $u = 0,7$ - показатель степени.

Для каждого варианта определялись объем и масса снимаемого материала за единицу времени.

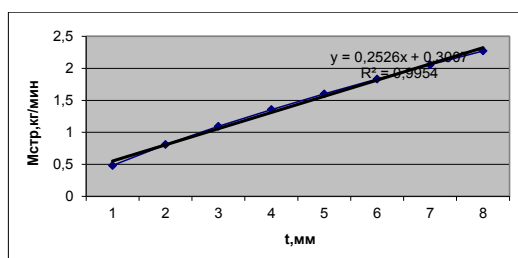
Для различных значений шероховатости строились графики зависимости массы стружки от глубины резания и находилась формула линейной зависимости.

Графики зависимости массы стружки от глубины резания, формула линейной зависимости и величина достоверности аппроксимации R^2 показаны на рис. 2.

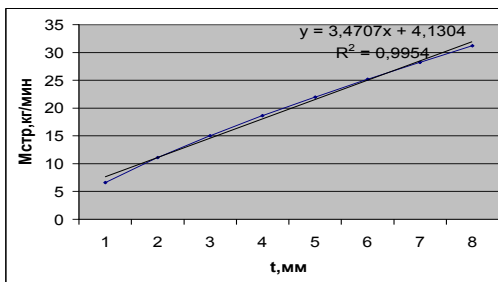
Как показывает анализ графиков, масса стружки имеет линейную зависимость от глубины резания на всем диапазоне рассматриваемых величин шероховатости

$$M_{СТР} = 10A \cdot t + B, \quad (2)$$

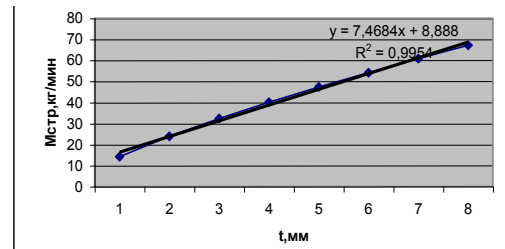
где A и B – коэффициенты, которые изменяются в зависимости от шероховатости. Величина достоверности аппроксимации при этом достаточно высока $R^2=0,9954$.



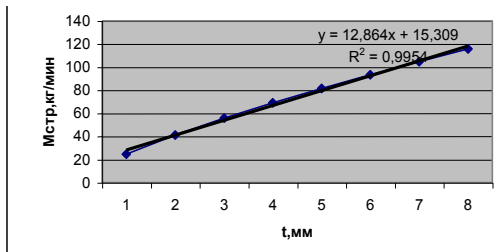
а)



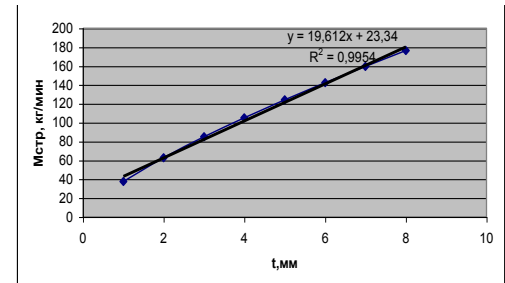
В)



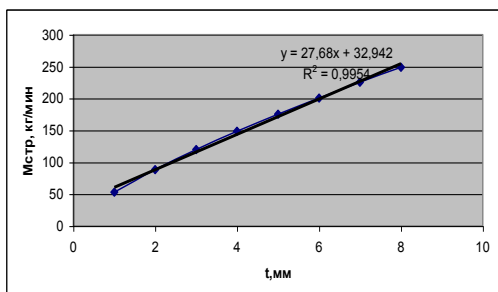
Г)



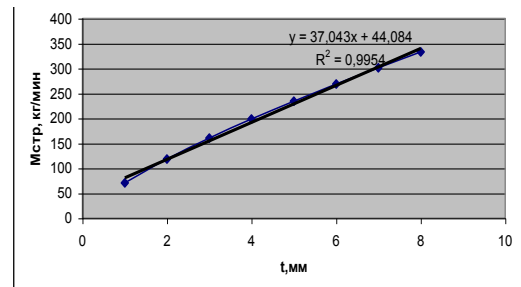
Д)



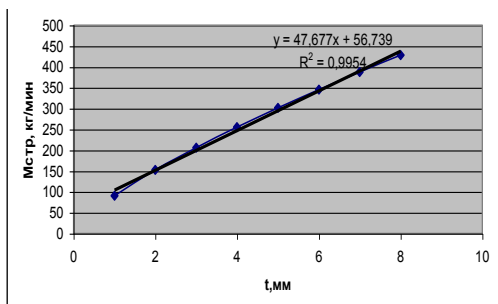
е)



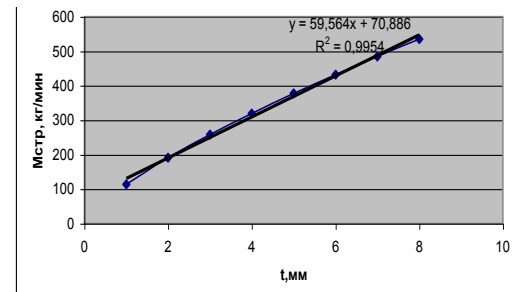
Ж)



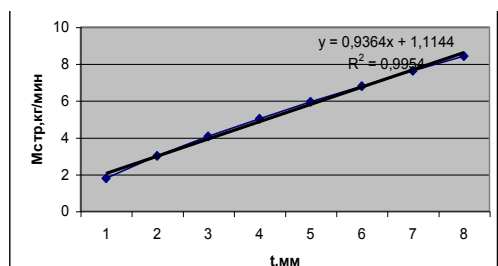
з)



И)



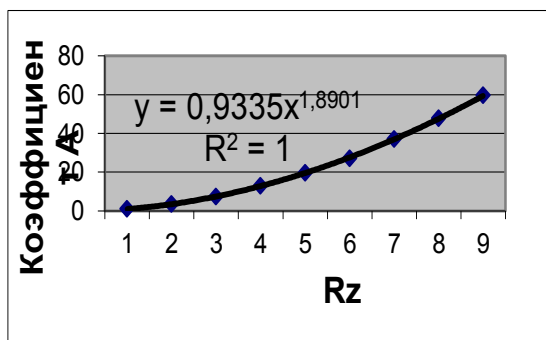
К)



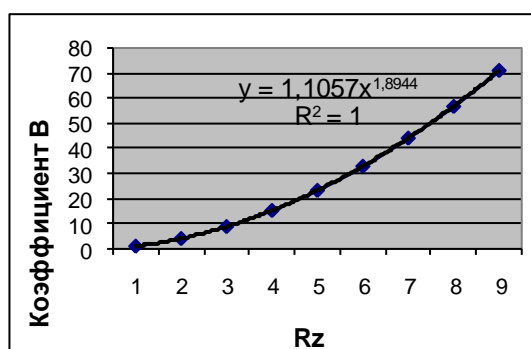
б)

Рис. 2 – Зависимость массы стружки от глубины резания при: а) $R_z = 5$ мкм, б) $R_z = 10$ мкм, в) $R_z = 20$ мкм, г) $R_z = 30$ мкм, д) $R_z = 40$ мкм, е) $R_z = 50$ мкм, ж) $R_z = 60$ мкм, з) $R_z = 70$ мкм, и) $R_z = 80$ мкм, к) $R_z = 90$ мкм

Зависимость коэффициентов A и B от шероховатости представлена на рис. 3.



a)



б)

Рис. 3 – Зависимость коэффициентов A и B в выражении (2) от шероховатости R_z и формула степенной зависимости

Как видно и графиков, зависимость коэффициентов A и B от шероховатости носит степенной характер

$$A = 0,9335 \cdot (R_z/10)^{1,8901}, \quad (3)$$

$$B = 1,1057 \cdot (R_z/10)^{1,8944}. \quad (4)$$

Подставляя коэффициенты A и B в формулу (2) получим зависимость массы снимаемого материала (стружки) в единицу времени от шероховатости и глубины резания (припуска на токарную чистовую обработку), кг/мин

$$M_{cmp} = 0,9335 \cdot (R_z/10)^{1,8901} \cdot t \cdot 10 + 1,1057 \cdot (R_z/10)^{1,8944}, \quad (5)$$

После преобразования формула (5) примет вид

$$M_{cmp} = 0,12023 \cdot R_z^{1,8901} \cdot t + 0,014101 \cdot R_z^{1,8944},$$

Или, допустив равенство показателей степеней и переведя массу в кг,

$$M_{cmp} = R_z^{1,89} (0,12 \cdot t + 0,014) / 1000, \quad (6)$$

где M_{cmp} – масса стружки, получаемая при работе станка за одну минуту, кг/мин,

R_z – шероховатость, заданная чертежом, мкм

t – припуск на обработку, мм.

Таким образом, для определения основного времени на токарную чистовую обработку заготовки необходимо знать шероховатость, припуск и разницу между массой заготовки M_3 и массой детали M_0 на данной операции

$$T_o = (M_3 - M_0) / M_{cmp}, \quad (7)$$

Штучное время определяется [3]

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{обс} + T_{отд}, \quad (8)$$

где T_e – вспомогательное время на операцию, мин;

$T_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, мин;

$T_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, мин

По [3] время на обслуживание рабочего места и время на отдых и личные надобности составляет 10-12% от оперативного времени, то есть

$$T_{обс} + T_{отд} = 0,1(T_o + T_в), \quad (9)$$

Вспомогательное время зависит от массы заготовки, вида приспособления, степени механизации технологического процесса и других факторов. Для расчетов вспомогательное время $T_в$ рекомендуется выбирать по таблице 1 [3].

Таблица 1 – Зависимость вспомогательного времени от массы заготовки

Масса заготовки, кг	До 1	Свыше 1 до 3	Свыше 3 до 5	Свыше 5 до 8	Свыше 8 до 12	Свыше 12 до 20	Свыше 20 до 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 80
Вспомогательное время, мин	1	1,3	1,55	1,85	2,2	2,7	3,3	4	5,1

Зависимость вспомогательного времени от массы заготовки представим в виде

$$T_в = 1 + M_з/K, \quad (10)$$

где K – коэффициент, который зависит от массы заготовки (табл. 2).

Подставляя выражение (7) в формулу (8) с учетом (6), (9) и (10) получим окончательное выражение зависимости штучного времени

$$T_{шт} = 1,1 \{ (M_з - M_д) / [R_z^{1,89} (0,12 \cdot t + 0,014) / 1000] + (1 + M_з/K) \}, \text{ мин}, \quad (11)$$

где $M_з$ – масса заготовки, кг;

$M_д$ – масса детали, кг;

R_z – шероховатость поверхности, мкм;

t – глубина резания, мм.

Таблица 2 – Зависимость коэффициента K от массы заготовки

Масса заготовки, кг	1-12	12-20	20-30	30-50	50-80
Коэффициент K , кг/мин	9,5	11,3	13	16	20

Сравнение штучного времени $T_{шт}$, полученных по формуле (11) с фактическим штучным временем и $T_{шт.факт}$ в диапазоне глубин резания от $t = 0,1$ мм до $t = 0,8$ мм и шероховатости поверхности детали $R_z 5$ мкм – $R_z 90$ мкм

дает удовлетворительный результат. Отклонения составляют +5% и -12% (рис. 4).

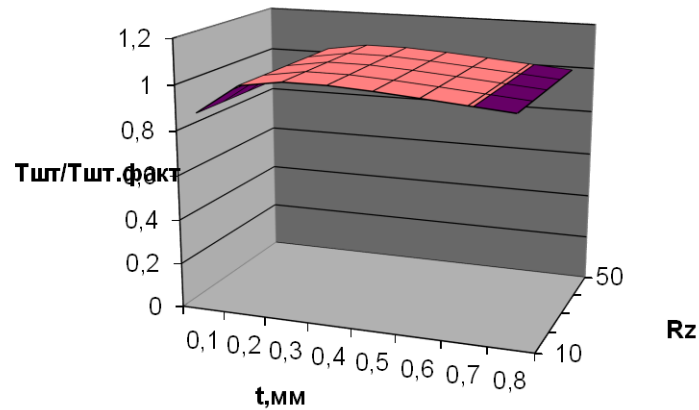


Рис. 4 – Отношение штучного времени $T_{шт}$ по формуле (11) к фактическому штучному времени $T_{шт.факт}$

Выводы

Найденная взаимосвязь трудоемкости механической обработки поверхностей вращения от массы снимаемого материала, шероховатости, глубины резания 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.: Высш. шк., 1983. – 256 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т. 1 / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.

3. Общемашиностроительные нормативы времени: вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

Смирнов И.П. «Предварительное определение трудоемкости чистовой токарной обработки при серийном производстве».

В статье рассмотрена зависимость штучного времени при чистовой обработке заготовок на токарных станках от массы заготовки и детали, припуска на обработку и шероховатости поверхности. Предложена методика расчета трудоемкости механической обработки на ранней стадии проектирования технологического процесса, которая позволяет сократить сроки технологической подготовки производства и снизить вероятность ошибок при проектировании.

Ключевые слова: трудоемкость, чистовая токарная обработка, штучное время, масса стружки, припуск, глубина резания, шероховатость.

Смирнов І.П. «Попереднє визначення трудомісткості чистової токарної обробки при серійному виробництві».

У статті розглянута залежність штучного часу при чистовій обробці заготівель на токарних верстатах від маси заготівлі і деталі, припуска на обробку і шорсткості поверхні. Запропонована методика розрахунку трудомісткості механічної обробки на ранній стадії проектування

технологічного процесу, яка дозволяє скоротити терміни технологічної підготовки виробництва і понизити вірогідність помилок при проектуванні.

Ключові слова: трудомісткість, чистова токарна обробка, штучний час, маса стружки, припуск, глибина різання, шорсткість.

Smirnov I.P. “Preliminary determination of labour intensiveness of clean lathe treatment at a serial production”.

In the article dependence of piece time is considered at clean treatment of purveyances on lathes from mass of purveyance and detail, overmeasure on treatment and roughness of surface. Methodology of calculation of labour intensiveness of tooling is offered on the early stage of planning of technological process, that allows to reduce the terms of technological preproduction and bring down probability of errors at planning.

Key words: Labour intensiveness, clean lathe treatment, piece time, mass of shavings, overmeasure, cutting depth, roughness.

Стаття надійшла до редакції 11 травня 2012 р.