

УДК 674.055.621.54(035)

**С. А. Гриневич**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);**В. Н. Гаранин**, кандидат технических наук, ассистент (БГТУ); **Д. А. Ревяко**, магистрант (БГТУ)**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ НА МОЩНОСТЬ  
ХОЛОСТОГО ХОДА В ПРИВОДЕ РЕЗАНИЯ СТАНКА UNIMAT 23 EL**

Определены экспериментальные значения мощности холостого хода привода резания четырехстороннего фрезерного станка Unimat 23 EL при различных частотах вращения инструмента и для различных типов инструмента. Экспериментально установлено, что зависимость мощности холостого хода привода резания от частоты вращения носит криволинейный характер, а от квадрата частоты вращения близка к линейной. Это противоречит теоретическим данным, полученным путем расчетов по методике для металлорежущих станков. Следовательно, методика расчета мощности холостого хода является неприменимой к дереворежущим станкам не только вследствие большого расхождения расчетных и опытных значений, но и по причине несоответствия характера экспериментальных и расчетных зависимостей.

Experimental values of capacity at idling of a quadrilateral milling machine Unimat 23 EL cutting drive are defined at various tool rotation speed and various tool types. It is experimentally established that dependence of cutting drive idling capacity on tool rotation speed has curvilinear character, and dependence of cutting drive idling capacity on tool rotation speed square is close to the linear. It contradicts the theoretical data received by a way of calculations by a technique for metalcutting machines. Accordingly, the idling capacity calculating technique is inapplicable to woodcutting machines not only owing to big divergence of calculated and experimental values, but also because of character discrepancy of experimental and settlement dependences.

**Введение.** Современные дереворежущие станки являются высокопроизводительным оборудованием. Увеличение производительности деревообрабатывающего оборудования и требования высокого качества обработки определяют применение высоких частот вращения инструмента, особенно для фрезерного инструмента. Однако увеличение частоты вращения инструмента и промежуточных звеньев кинематической цепи ведет к увеличению затрат мощности, не связанных с резанием.

Мощность, расходуемая приводом, включает в себя не только мощность на резание, но и мощность холостого хода. Мощность холостого хода – мощность, затрачиваемая источником энергии на вращение привода при отсутствии полезной нагрузки. Эта мощность затрачивается на работу сил трения в опорах и уплотнениях механизмов привода, аэродинамические потери и т. п. [1, с. 133–136].

В литературе [2, с. 241–244] исследовалось влияние частоты вращения правого вертикального шпинделя станка Unimat 23 EL на мощность холостого хода. Результаты экспериментов сопоставлялись с расчетными величинами. При этом для теоретических расчетов применялась методика определения мощности холостого хода для металлорежущих станков, поскольку для дереворежущих станков соответствующей методики не существует. Выявлено, что рассматриваемая методика расчета мощности холостого хода неприменима к приводу станка Unimat 23 EL вследствие больших рас-

хождений расчетных и опытных значений мощности холостого хода (200–525%).

В данной работе исследуется влияние частоты вращения шпинделя на мощность холостого хода привода резания.

**Основная часть.** Описание экспериментальной установки приведено в работе [2, с. 241–242].

Для проведения экспериментальных исследований использовались фрезы трех типов:

– фреза с креплением PowerLock (которая использовалась при проведении экспериментов в исследованиях [2, с. 241–244]);

– алюминиевая фреза с креплением с непосредственной посадкой на шпиндель (через переходник HSK) с множеством ножевых элементов на длине фрезы;

– набор из четырех фрез с креплением с непосредственной посадкой на шпиндель (через переходник HSK).

Параметры фрез (диаметр резания  $d$ , длина фрезы или суммарная длина фрез в случае с набором фрез  $b$ , тип крепления, материал корпуса) приведены в табл. 1. Фотографии фрез представлены на рис. 1, а; 2, в; 3, в.

Исследования проводились при частотах вращения инструмента от 1000 мин<sup>-1</sup> до 9000 мин<sup>-1</sup>.

В результате проведения экспериментов получены значения мощности холостого хода  $P_{xx}$  в зависимости от частоты вращения инструмента  $n$  для каждого инструмента (табл. 2).

По данным табл. 2 для фрезы каждой конструкции строим графики зависимости мощности холостого хода от частоты вращения и производим их аппроксимацию (рис. 1, а; 2, а; 3, а).

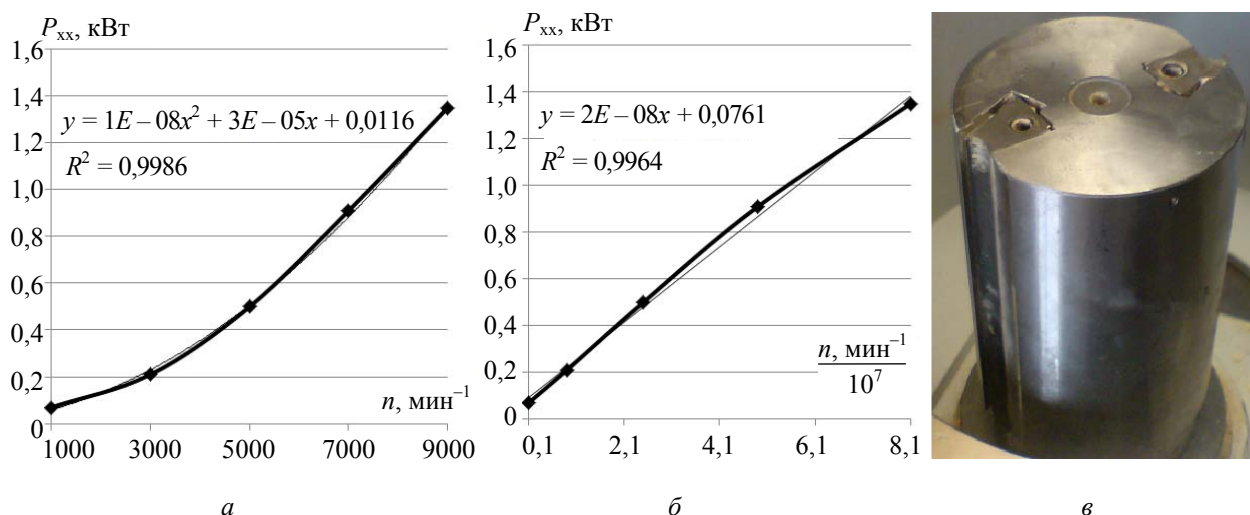


Рис. 1. График зависимости мощности холостого хода при использовании фрезы 1: *a* – от частоты вращения инструмента и аппроксимация кривой графика; *б* – от квадрата частоты вращения инструмента и аппроксимация кривой графика; *в* – фотография фрезы 1

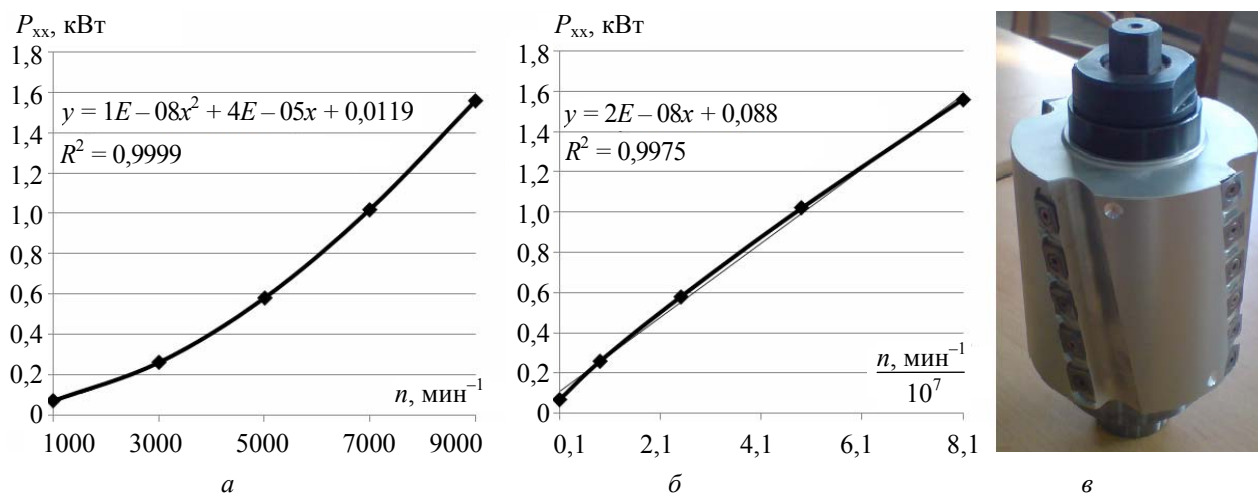


Рис. 2. График зависимости мощности холостого хода при использовании фрезы 2: *a* – от частоты вращения инструмента и аппроксимация кривой графика; *б* – от квадрата частоты вращения инструмента и аппроксимация кривой графика; *в* – фотография фрезы 2

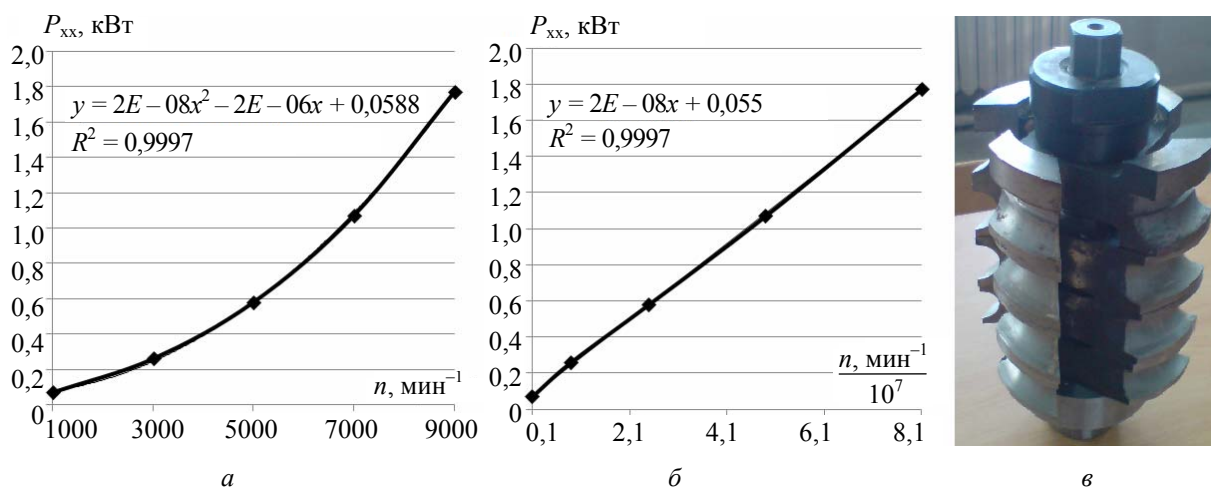


Рис. 3. График зависимости мощности холостого хода при использовании фрезы 3: *a* – от частоты вращения инструмента и аппроксимация кривой графика; *б* – от квадрата частоты вращения инструмента и аппроксимация кривой графика; *в* – фотография фрезы 3

Очевидно, что характер зависимостей для разных фрез идентичен в указанном диапазоне частот вращения (все кривые описываются полиномом второй степени). На рис. 1, б; 2, б; 3, б представлены графики, для построения которых использовались те же данные мощности холостого хода, но эти графики построены в зависимости от квадрата частоты вращения режущего инструмента. Полученные графики близки к линейным. Последнее указывает на то, что мощность холостого хода прямо пропорциональна квадрату частоты вращения. В то время как по расчетным данным [2, с. 241–244] мощность холостого хода шпинделя является преобладающей в общем балансе мощности холостого хода привода резания. Согласно формулам (1) [1, с. 135] и (2) [3, с. 194], ее значение прямо пропорционально частоте вращения.

Таблица 1

## Параметры фрез

Параметр	Фреза		
	1	2	3
Диаметр резания $d$ , мм	93	130	125
Длина корпуса фрезы $b$ , мм	100	140	148
Материал	Сталь	Алюминий	Сталь
Тип крепления	Power-Lock	С непосредственной посадкой на шпиндель (через переходник HSK)	С непосредственной посадкой на шпиндель (через переходник HSK)

Таблица 2

## Результаты экспериментов

$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_{xx}$ , кВт		
	Фреза 1	Фреза 2	Фреза 3
1000	0,07	0,07	0,07
3000	0,21	0,26	0,26
5000	0,50	0,58	0,58
7000	0,91	1,02	1,07
9000	1,35	1,56	1,77

Мощность холостого шпинделя определяется по формуле

$$P_{xш} = k_m k_{шп} n \frac{d_{шп}}{10^6}, \quad (1)$$

где  $k_m$  – коэффициент, характеризующий сложность конструкции элементов привода и качество изготовления;  $k_{шп}$  – коэффициент, учитывающий потери на трение в шпиндельном узле;  $d_{шп}$  – диаметр шпинделя механизма резания в передней опоре, мм.

Мощность холостого хода привода резания определяется по формуле

$$P_{xш} = \frac{d_1}{10^6} \left( \sum n + k_1 \frac{d_0}{d_1} n_0 \right) k_2, \quad (2)$$

где  $d_1$  – средний диаметр шеек под подшипник всех промежуточных валов, мм;  $\sum n$  – сумма частот вращения всех промежуточных валов, мин<sup>-1</sup>;  $n_0$  – частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий повышенные за счет предварительного натяга потери в шпиндельном узле;  $d_0$  – диаметр шеек шпинделя, мм;  $k_2$  – коэффициент, учитывающий совершенство системы смазывания.

Мощность холостого хода для всего привода не является постоянной величиной. Ряд потерь холостого хода возрастает пропорционально квадрату скорости, например, потери на преодоление сил трения, возникающих под действием центробежных сил, аэродинамические потери. При эксплуатации металлорежущих станков используются небольшие частоты вращения инструмента (как правило, до 3000 мин<sup>-1</sup>). Так как диапазон частот мал, зависимость мощности холостого хода от частоты вращения инструмента можно считать линейной. В то время как для дереворежущих станков применяются высокие частоты вращения инструмента. При этом затраты мощности существенно увеличиваются и зависимость линейной считать нельзя. Следовательно, линейная зависимость мощности холостого хода от частоты вращения привода не может быть применена для расчетов деревообрабатывающих станков, работающих в более широких диапазонах скоростей.

**Заключение.** Экспериментально установлено, что зависимость мощности холостого хода привода резания от частоты вращения носит криволинейный характер, а от квадрата частоты вращения близка к линейной. Это противоречит теоретическим данным, полученным путем расчетов по методике для металлорежущих станков. Следовательно, методика расчета мощности холостого хода, приведенная в литературе [1, с. 133–136], является неприменимой к дереворежущим станкам. Причем, не только вследствие большого расхождения расчетных и опытных значений, но и по причине несоответствия характера экспериментальных и расчетных зависимостей.

## Литература

1. Кучер, И. М. Металлорежущие станки. Основы конструирования и расчета / И. М. Кучер. – Л.: Машиностроение, 1975. – С. 133–136.
2. Гаранин, В. Н. Исследование затрат мощности на холостой ход в приводе механизма резания станка Unimat 23 EL / В. Н. Гаранин, Д. А. Ревяко // Труды БГТУ. – 2011. – № 2 (140): Лесная и деревообаб. пром-сть. – С. 241–244.
3. Пуш, В. Э. Металлорежущие станки: учебник для машиностроительных вузов / В. Э. Пуш. – М.: Машиностроение, 1985. – С. 194.

Поступила 14.03.2012