

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЧАЛЬНОЙ И КОНЕЧНОЙ УСТАНОВОК ЧЕРВЯЧНО-МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОСОЗУБЫХ КОЛЕС

© 2016

*В.В. Демидов*, кандидат технических наук, доцент,  
профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты»  
*Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск (Россия)*

*Ключевые слова:* червячно-модульная фреза; начальная и конечная установки фрезы; минимальные длины входной и выходной частей фрезы; косозубое колесо; компьютерное имитационное моделирование.

*Аннотация:* Для рациональной эксплуатации червячно-модульных фрез (ЧМФ) необходимо знать их начальные и конечные установки относительно обрабатываемой заготовки колеса. Показано, что при одинаковых исходных данных значения начальной и конечной установок ЧМФ в разных источниках информации неодинаковы, а понятия начальной и конечной установок ЧМФ неоднозначно определяют относительное положение фрезы и заготовки. Для определенности понимания того, о какой части ЧМФ идет речь, следует вместо понятий начальных и конечных установок ЧМФ пользоваться понятиями минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ. Изменение длин входной и выходной частей фрез меньше минимально допускаемых значений недопустимо из-за возникновения брака зубчатых колес по профилю зубьев; при длинах входной и (или) выходной частей фрез больше минимально допускаемых значений ресурс режущей способности фрез не будет использован полностью, т. е. не будет обеспечен возможный наибольший период их стойкости. Определение минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ при зубофрезеровании косозубых колес с модулем 3 мм, углом наклона зубьев 30° и числом зубьев, равным 20, 45 и 90 шт., при встречном и попутном фрезеровании с осевой подачей выполнено методом компьютерного имитационного моделирования кинематики процесса зубофрезерования колес ЧМФ. Экспериментально доказана достоверность результатов, полученных компьютерным имитационным моделированием, и их существенное отличие от данных в справочной литературе. Установлено существенное влияние направления осевой подачи (встречной или попутной) на минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ при зубофрезеровании косозубых колес.

### ВВЕДЕНИЕ

Во многих отраслях машиностроения широко используются зубчатые передачи внешнего зацепления на основе эвольвентных цилиндрических колес [1–3], из которых более 25 % составляют косозубые колеса [4]. Самым распространенным, но трудоемким способом зубообработки колес, в частности косозубых колес, является зубофрезерование червячно-модульными фрезами (ЧМФ) благодаря универсальности, высокой производительности и точности обработки, возможности автоматизации процесса [1; 2; 5; 6]. В связи с этим повышение эффективности операций зубофрезерования колес червячно-модульных фрез существенно снизит трудоемкость изготовления зубчатых колес в целом.

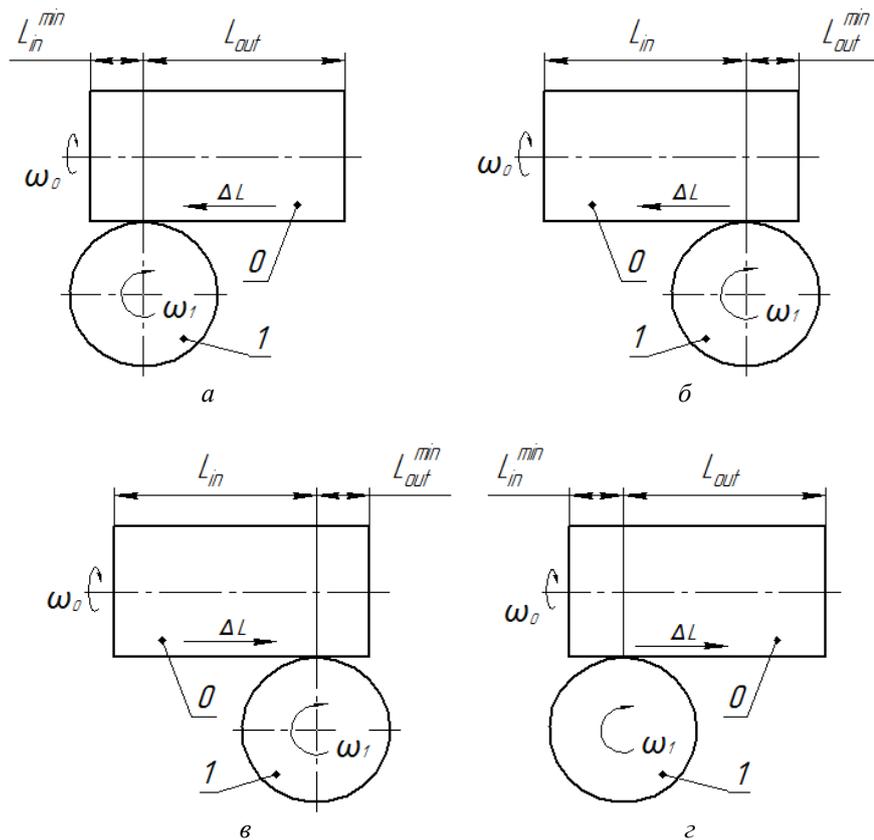
До настоящего времени повышение эффективности операций зубофрезерования колес ЧМФ обеспечивали путем совершенствования их конструктивно-геометрических параметров [7–12], использования в качестве материала режущей части твердых сплавов [13; 14], оптимизации режима зубофрезерования [5; 12; 15]. Возможность повышения эффективности операций зубофрезерования колес ЧМФ путем точного определения и применения рациональных значений начальной и конечной установок ЧМФ не предпринималась.

Цель исследования – проверка достоверности метода компьютерного имитационного моделирования (КИМ) для точного определения начальной и конечной установок ЧМФ при зубофрезеровании косозубых колес, сравнение результатов, полученных методом КИМ и приведенных в справочной литературе, оценка влияния направления осевой подачи на значения начальной и конечной установок ЧМФ.

Под начальной и конечной установками червячно-модульных фрез понимают минимально допускаемые длины входной и выходной частей фрез, при которых обеспечивается полное профилирование зубьев колеса [1; 6; 15]. Входная и выходная части червячно-модульных фрез расположены в противоположные стороны от межосевого перпендикуляра фреза – колесо: входная часть – в сторону, противоположную направлению вращения колеса; выходная часть – в сторону по направлению вращения колеса (рис. 1).

Изменение длин входной и выходной частей фрез меньше минимально допускаемых значений недопустимо из-за возникновения брака зубчатых колес по профилю зубьев. При длинах входной и (или) выходной частей фрез больше минимально допускаемых значений ресурс режущей способности фрез не будет использован полностью, т. е. не будет обеспечен возможный наибольший период их стойкости. Таким образом, знание достоверных значений минимально допускаемых длин входной и выходной частей фрез необходимо для рациональной эксплуатации ЧМФ, а при известных величине передвижки фрезы и числе планируемых передвижек – необходимо для проектирования ЧМФ с рациональной длиной рабочей части.

Однако, как показано ниже, приведенные в справочной литературе данные по рекомендуемым значениям начальной и конечной установок ЧМФ при одинаковых исходных данных в разных источниках информации неодинаковы. Кроме того, понятия начальной и конечной установок, используемые в справочной литературе [1; 6; 15], неоднозначно определяют положение ЧМФ по отношению к заготовке. В зависимости от принятого направления передвижки ЧМФ может занимать



**Рис. 1.** Два возможных варианта (а, б и в, г) положений правозаходной ЧМФ относительно колеса в начале (а, в) и в конце (б, г) зубофрезерования:

0, 1 – соответственно фреза и колесо;

$L_{in}^{min}$  и  $L_{out}^{min}$  – минимально допустимая длина соответственно входной и выходной частей фрезы;

$\Delta L$  – направление передвижки фрезы;

$\omega_0$  и  $\omega_1$  – направления вращения соответственно фрезы и заготовки

по отношению к заготовке в начале и конце обработки следующие положения. Первый вариант (см. рис. 1 а, 1 б) – начальная установка фрезы равна минимально допустимой длине  $L_{in}^{min}$  ее входной части, а конечная установка фрезы равна минимально допустимой длине  $L_{out}^{min}$  ее выходной части. Для этого варианта понятия начальной и конечной установок ЧМФ соответствуют названиям установок, приведенным в указанной справочной литературе. Второй вариант (см. рис. 1 в, 1 г) – начальная установка фрезы равна минимально допустимой длине  $L_{out}^{min}$  ее выходной части, а конечная установка фрезы равна минимально допустимой длине  $L_{in}^{min}$  ее входной части. Для этого варианта понятия начальной и конечной установок ЧМФ не соответствуют названиям установок, приведенным в указанной справочной литературе, т. е. значения начальной установки фрезы следует брать равными соответствующим значениям ее конечной установки, а значения конечной установки фрезы следует брать равными соответствующим значениям начальной установки. В литературе [1] имеются рекомендации, по которым направление передвижки ЧМФ должно быть таким, чтобы ее незатупленные или мало затупленные режущие зубья работали на выходной части фрезы, где происходит завершение профилирования

зубьев колеса. Только в этом случае понятия начальной и конечной установок фрезы соответствуют ее действительному положению по отношению к заготовке. В связи с изложенным для определенности понимания того, о какой части ЧМФ идет речь, следует пользоваться понятиями минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ, как это приведено в работе [16].

В настоящее время величины минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ либо выбирают из соответствующих таблиц [1; 6], либо определяют по номограммам [4], либо рассчитывают по формулам [15–17], либо определяют экспериментальным путем. В статье [18] определение минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ при зубофрезеровании прямозубых колес выполнено методом компьютерного имитационного моделирования кинематики процесса зубофрезерования колес ЧМФ, экспериментальным путем доказана достоверность полученных этим методом результатов. Также в этой статье установлено ранее неизвестное влияние направления осевой подачи на минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ и подтверждено учитываемое только в работе [16] влияние величины осевой подачи на минимальную длину входной части ЧМФ.

Обзор и анализ информации по определению минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ в разных

источниках информации показал, что для их определения не всегда учитываются одни и те же факторы (таблица 1) и их значения при одинаковых исходных данных в разных источниках информации неодинаковы (таблица 2). Так, при числе зубьев колеса  $Z_1=60$  шт. максимальные значения  $L_{in}^{min}$  и  $L_{out}^{min}$  больше минимальных при модуле  $m=3$  мм соответственно в 1,2 и 1,9 раза, а при модуле  $m=6$  мм – соответственно в 1,15 и 1,92 раза. Кроме того, в [6] приведены в табличной форме рекомендуемые значения  $L_{in}^{min}$  для косозубых колес только с углом  $\beta_1$  наклона зубьев, равным  $30^\circ$ , причем значения  $L_{out}^{min}$  не зависят от угла  $\beta_1$ , что не соответствует данным, приведенным в [1; 15; 17]. Эти обстоятельства дают основание сомневаться в достоверности рекомендуемых значений минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ, приведенных в указанных источниках информации. В связи с этим возникает необходимость в проведении исследования для получения достоверных данных по минимальным длинам входной и выходной частей ЧМФ при обработке косозубых колес.

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНЫХ ДЛИН ВХОДНОЙ И ВЫХОДНОЙ ЧАСТЕЙ ЧМФ**

В качестве основных факторов, оказывающих влияние на минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ при обработке косозубых колес, выбрали модуль, число и угол наклона зубьев колеса, а также, на основании результатов, приведенных в [18], направление осевой подачи.

Исследования проводили методом КИМ с использованием разработанной автором программы “Model milling” [19; 20]. Суть метода КИМ заключается в том, что при моделировании кинематики процесса зубофрезерования колес определяли число зубьев ЧМФ, участвующих в срезании материала заготовки колеса на входной и выходной частях фрезы, а минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ определяли как произведение соответствующего этой части фрезы числа зубьев на осевой шаг соседних по винтовой линии зубьев фрезы.

Для проверки достоверности выявленных при моделировании закономерностей проведены экспериментальные

**Таблица 1.** Факторы, учитываемые при определении минимальных длин входной  $L_{in}^{min}$  и выходной  $L_{out}^{min}$  частей ЧМФ в различных источниках информации\*

№ п/п	Источник информации	Учитываемые факторы**									
		m	Z <sub>1</sub>	β <sub>1</sub>	d <sub>a0</sub>	h <sub>a1</sub>	h <sub>a0</sub>	γ <sub>m0</sub>	λ	Осевая подача	
										величина	направление
1	[1]	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
2	[2]	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
3	[3]	для $L_{in}^{min}$	+	+	+ -	-	-	-	-	-	-
4		для $L_{out}^{min}$	+	-	-	-	-	-	-	-	-
5	[4]	для $L_{in}^{min}$	+	+	0	+	-	-	-	-	+
6		для $L_{out}^{min}$	+	-		-	+	-	+	-	-
7	[5]	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-

\* «+» и «-» означают соответственно учет или неучет фактора;

\*\* m – модуль; Z<sub>1</sub> – число зубьев колеса; β<sub>1</sub> – угол наклона зубьев колеса; d<sub>a0</sub> – наружный диаметр ЧМФ; h<sub>a1</sub> – высота головки зубьев колеса; h<sub>a0</sub> – высота головки зубьев ЧМФ; γ<sub>m0</sub> – угол подъема зубьев ЧМФ; λ – угол установки ЧМФ

**Таблица 2.** Минимальные длины входной  $L_{in}^{min}$  и выходной  $L_{out}^{min}$  частей ЧМФ, определенные по различным источникам информации, при зубофрезеровании косозубых колес с углом наклона зубьев  $30^\circ$

Факторы*		Длина входной части, мм				Длина выходной части, мм			
m, мм	Z <sub>1</sub> , шт.	Источник информации							
		[1]	[15]	[6]	[17]**	[1]	[15]	[6]	[17]**
3	20	18,7	14,1	26,0	24,4	8,4	3,7	11,0	10,1
	40	35,1	30,6	34,0	34,6	14,4	9,7	11,0	10,1
	60	48,1	43,8	40,0	42,5	19,1	14,6	11,0	10,1
6	20	37,4	28,2	48,0	48,0	16,8	7,4	20,0	19,9
	40	69,9	61,1	62,0	68,1	28,8	19,4	20,0	19,9
	60	96,2	87,5	88,0	83,5	38,3	29,1	20,0	19,9

\* m – модуль; Z<sub>1</sub> – число зубьев колеса;

\*\* значения дополнительных факторов при модуле 3 и 6 мм: угол подъема зубьев ЧМФ равен соответственно  $1,681^\circ$  и  $3,631^\circ$ ; угол установки ЧМФ – соответственно  $28,319^\circ$  и  $26,369^\circ$

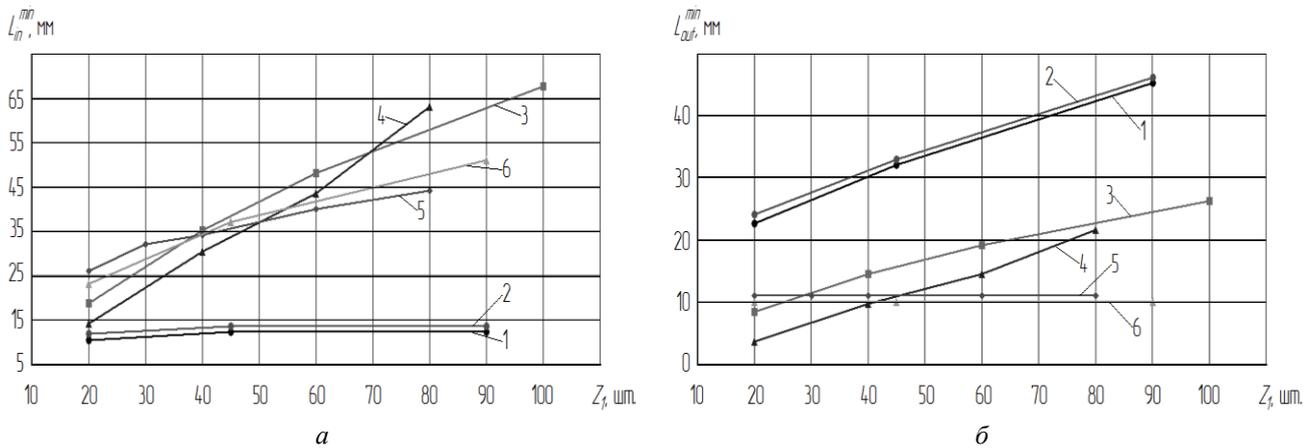
исследования по определению фактических значений минимальных длин входной и выходной частей фрезы, которые сравнивали с их значениями, полученными методом КИМ. С этой целью при одинаковых вариантах исходных данных на зубофрезерном станке FO-6 и методом КИМ обрабатывали правозаходные косозубые колеса с модулем 3 мм, углом наклона зубьев  $30^\circ$  и числом зубьев, равным 20, 45 и 90 шт., при встречном и попутном фрезеровании с осевой подачей, равной 1,85 мм/об, однозаходной правой ЧМФ с наружным диаметром 68 мм и числом стружечных канавок, равным 10 шт. Угол подъема винтовой линии зубьев фрезы на делительном цилиндре в расчетном сечении равен  $2^\circ 47'$ , осевой шаг между соседними по винтовой линии зубьями фрезы равен 0,944 мм. Экспериментальное определение минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ проводили после зубофрезерования колеса по наличию на фрезе стертого участка тонкого слоя аэрозольной алкидной высокоадгезионной эмали ПФ-133 ТУ 2388-028-18738966-11, предва-

рительно нанесенной на поверхности зубьев фрезы и высушенной по рекомендуемой для данной эмали технологии.

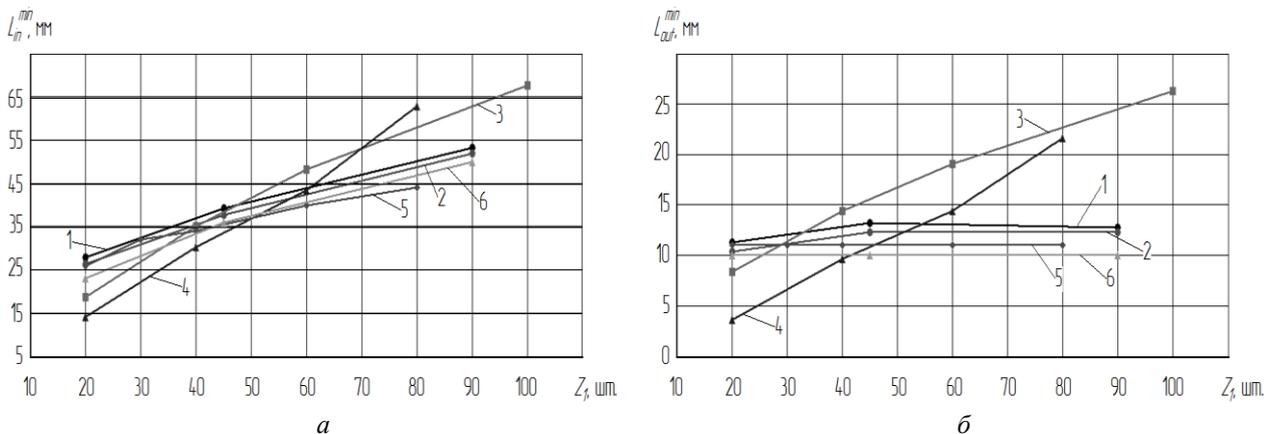
### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты определения минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ при встречном и попутном зубофрезеровании косозубых колес, полученные экспериментально и моделированием, приведены в виде графиков на рис. 2 и 3. Также на рис. 2 и 3 для сравнения указаны минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ по данным [1; 6; 15; 17].

Как видно из приведенных на рис. 2 и 3 результатов, значения минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ при зубофрезеровании косозубых колес как со встречной, так и с попутной подачами, полученные экспериментально, практически совпадают с их значениями, полученными моделированием. Таким образом, установлена достоверность результатов определения



**Рис. 2.** Влияние числа зубьев  $Z_1$  косозубых колес с углом  $\beta_1=30^\circ$  наклона зубьев на минимальные длины входной  $L_{in}^{min}$  (а) и выходной  $L_{out}^{min}$  (б) частей фрезы при зубофрезеровании со встречной подачей: 1, 2 – данные, полученные экспериментально (1) и моделированием (2); 3, 4, 5, 6 – соответственно данные по [1; 6; 15; 17]



**Рис. 3.** Влияние числа зубьев  $Z_1$  косозубых колес с углом  $\beta_1=30^\circ$  наклона зубьев на минимальные длины входной  $L_{in}^{min}$  (а) и выходной  $L_{out}^{min}$  (б) частей фрезы при зубофрезеровании с попутной подачей: 1, 2 – данные, полученные экспериментально (1) и моделированием (2); 3, 4, 5, 6 – соответственно данные по [1; 6; 15; 17]

методом КИМ минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ при зубофрезеровании косозубых колес.

В то же время значения минимальных длин входной  $L_{in}^{min}$  и выходной  $L_{out}^{min}$  частей ЧМФ при встречном зубофрезеровании колес с числом зубьев от 20 до 90 шт., полученные экспериментально и моделированием, существенно отличаются от данных, приведенных в [1; 6; 15; 17], причем это отличие не только в разнице их значений, но и в характере влияния на них числа зубьев колес (см. рис. 2).

Однако при попутном зубофрезеровании колес значения  $L_{in}^{min}$  и  $L_{out}^{min}$ , полученные экспериментально и моделированием, достаточно близки к данным, приведенным в [6; 17], но существенно отличаются от данных, приведенных в [1; 15], особенно при малых и больших числах зубьев колес (см. рис. 3).

Из результатов исследования для встречного и попутного зубофрезерования колес, полученных экспериментально и моделированием, видно ранее не учитываемое влияние направления осевой подачи на минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ.

Таким образом, в связи с практической полезностью определения достоверных значений минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ, приведенные в справочной литературе данные требуют существенного уточнения и дополнения с учетом влияния направления осевой подачи.

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Понятия начальной и конечной установок ЧМФ не всегда соответствуют действительному положению фрезы по отношению к заготовке. В связи с этим для определенности понимания того, о какой части ЧМФ идет речь, следует пользоваться понятиями минимальных длин входной и выходной ее частей.

2. Значения минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ при зубофрезеровании косозубых колес в разных источниках информации для одних и тех же исходных данных существенно отличаются между собой.

3. Значения минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ при зубофрезеровании косозубых колес как со встречной, так и с попутной подачами, полученные экспериментально, практически совпадают с их значениями, полученными моделированием, т. е. метод КИМ может быть использован для установления закономерностей влияния различных факторов на минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ и для точного определения этих длин.

4. Установлено существенное влияние направления осевой подачи на минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ при зубофрезеровании косозубых колес.

5. Установлено, что при встречном зубофрезеровании косозубых колес рекомендуемые в [1; 6; 15] и рассчитанные по [17] минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ существенно отличаются от их значений, полученных экспериментально и моделированием.

6. Установлено, что при попутном зубофрезеровании косозубых колес рекомендуемые в [6] и рассчитанные по [17] минимальные длины входной и выходной

частей ЧМФ достаточно близки к их значениям, полученным экспериментально и моделированием; рекомендуемые в [1; 15] минимальные длины входной и выходной частей ЧМФ близки к значениям, полученным экспериментально и моделированием, только при определенном числе зубьев косозубых колес.

7. Приведенные в справочной литературе данные минимальных длин входной и выходной частей ЧМФ требуют существенного уточнения и дополнения с учетом ранее не учитываемого направления осевой подачи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Производство зубчатых колес: справочник / под ред. Б.А. Тайца. 3-е изд. М.: Машиностроение, 1990. 464 с.
2. Фигнер М.Л. Цилиндрические зубчатые колеса. М.: Научная книга, 2005. 368 с.
3. Litvin F.L. Development of Gear Technology and Theory of Gearing. Cleveland: NASA, 1997. 114 p.
4. Артамонов В.Д. Технологические основы повышения эффективности зубонарезания цилиндрических колес с продольной модификацией : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Тула, 2011. 40 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. 4-е изд. М.: Машиностроение, 1985. 656 с.
6. Полохин О.В., Тарапанов А.С., Харламов Г.А. Нарезание зубчатых профилей инструментами червячного типа. М.: Машиностроение, 2007. 240 с.
7. Иноземцев Г.Г. Червячные фрезы с рациональными геометрическими и конструктивными параметрами. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1961. 224 с.
8. Петрушин С.И. Теоретические основы оптимизации режущей части лезвийных инструментов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 1998. 36 с.
9. Демидов В.В., Демидова Е.В. Пути повышения эффективности зубофрезерования червячно-модульными фрезами // Металлообработка. 2010. № 5. С. 15–17.
10. Медведицков С.Н. Высокопроизводительное зубонарезание фрезами. М.: Машиностроение, 1981. 104 с.
11. Токарев В.В., Скребнев Г.Г., Нарожных А.Т., Смольников Н.Я. Червячные зуборезные фрезы. Волгоград: ВолГТУ, 1998. 136 с.
12. Сидоренко А.К. Червячные фрезы: Опыт НКМЗ. М.: Машиностроение, 1980. 83 с.
13. Мойсеенко О.И., Павлов Л.Е., Диденко С.И. Твердосплавные зуборезные инструменты. М.: Машиностроение, 1977. 190 с.
14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. 4-е изд. М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
15. Режимы резания металлов: справочник / под ред. Ю.В. Барановского. М.: НИИТавтопром, 1995. 456 с.
16. Никитина З.А. Инструкция по расчету червячных фрез. М.: ВНИИ, 1966. 96 с.
17. Металлорежущие инструменты / под ред. Г.Н. Сахарова. М.: Машиностроение, 1989. 328 с.
18. Демидов В.В., Табаков В.П., Демидова Е.В. Определение фактической минимальной длины входной и выходной частей червячно-модульных фрез при обработке прямозубых колес с осевой подачей // Справочник. Инженерный журнал. 2010. № 3. С. 18–22.

19. Демидов В.В., Демидова Е.В. Имитационная модель процесса зубофрезерования цилиндрических колес и корригированных долбяков червячно-модульными фрезами // Технология машиностроения. 2010. № 7. С. 53–57.
  20. Демидов В.В., Попович А.В. Подпрограмма для моделирования процесса зубофрезерования червячной фрезой в рабочей среде пакета Unigraphics NX4.0: свидетельство № 2008612202 РФ о государственной регистрации программы на ЭВМ. Ульяновск: УлГТУ, 2008.
- REFERENCES**
1. Tayts B.A., ed. *Proizvodstvo zubchatykh koles* [Gear wheels production]. 3rd ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990. 464 p.
  2. Figner M.L. *Tsilindricheskie zubchatye kolea* [Cylindrical wheels]. Moscow, Nauchnaya kniga Publ., 2005. 368 p.
  3. Litvin F.L. *Development of Gear Technology and Theory of Gearing*. Cleveland, NASA, 1997. 114 p.
  4. Artamonov V.D. *Tekhnologicheskie osnovy povysheniya effektivnosti zubonarezaniya tsilindricheskikh koles s prodolnoy modifikatsiyey*. Avtoref. diss. dokt. tekhn. nauk [Background technology of enhancing the efficiency of gear cutting of cylindrical wheels with lengthwise ease-off]. Tula, 2011. 40 p.
  5. Kosilova A.G., Meshcheryakova R.K., eds. *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ya* [Reference book of a technologist-machine engineer]. 4th ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. Part 1, 656 p.
  6. Polokhin O.V., Tarapanov A.S., Kharlamov G.A. *Narezanie zubchatykh profiley instrumentami chervyachnogo tipa* [Cutting of gear profiles using the worm-configured tool]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2007. 240 p.
  7. Inozemtsev G.G. *Chervyachnye frezy s ratsionalnymi geometricheskimi i konstruktivnymi parametrami* [Worm hobs with rational geometrical and structural parameters]. Saratov, Saratovskiy universitet Publ., 1961. 224 p.
  8. Petrushin S.I. *Teoreticheskie osnovy optimizatsii rezhushchey chasti lezviynykh instrumentov*. Avtoref. diss. dokt. tekhn. nauk [Theoretical foundations of optimization of edge tool cutting part]. Moscow, 1998. 36 p.
  9. Demidov V.V., Demidova E.V. Ways of increasing of the efficiency of gear cutting by worm-modular milling cutters. *Metalloobrabotka*, 2010, no. 5, pp. 15–17.
  10. Medveditskov S.N. *Vysokoproizvoditelnoye zubonarezanie frezami* [High-productive gear cutting by hobs]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1981. 104 p.
  11. Tokarev V.V., Skrebnev G.G., Narozhnykh A.T., Smolnikov N.Ya. *Chervyachnye zuboreznye frezy* [Worm gear cutting hobs]. Volgograd, VolGTU Publ., 1998. 136 p.
  12. Sidorenko A.K. *Chervyachnye frezy: Opyt NKMZ* [Worm hobs: the experience of NKMZ]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1980. 83 p.
  13. Moyseenko O.I., Pavlov L.E., Didenko S.I. *Tverdospлавные зуборезные инструменты* [Hard-alloy gear cutting tools]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1977. 190 p.
  14. Kosilova A.G., Meshcheryakova R.K., eds. *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ya* [Reference book of a technologist-machine engineer]. 4th ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. Part 2, 496 p.
  15. Baranovsky Yu.B., ed. *Rezhimy rezaniya metallov* [Metal cutting modes]. Moscow, NIITavtoprom Publ., 1995. 456 p.
  16. Nikitina Z.A. *Instruktsii po raschetu chervyachnykh frez* [The instruction on the worm hobs calculation]. Moscow, VNIIPubl., 1966. 96 p.
  17. Sakharov G.N. *Metallorazhushchye instrumenty* [Metal-cutting tools]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989. 328 p.
  18. Demidov V.V., Tabakov V.P., Demidova E.V. Definition of actual minimum length of entrance and target parts of worm-modular cutters at machining of straight-toothed wheels with axial supply. *Spravochnik. Inzhenerny zhurnal*, 2010, no. 3, pp. 18–22.
  19. Demidov V.V., Demidova E.V. Model of the cutting of cylindrical gears and corrected gear cutters by modular hobs. *Tekhnologiya mashinostroeniya*, 2010, no. 7, pp. 53–57.
  20. Demidov V.V., Popovich A.V. *Podprogramma dlya modelirovaniya protsessa zubofrezirovaniya chervyachnoy frezoy v rabochey srede paketa Unigraphics NX4.0* [Subprogram for simulating the process of gear hobbing by worm hob in the operating environment of the Unigraphics NX4.0 pack], registration of computer program no. 2008612202 RF, 2008.

**THE DEFINITION OF INITIAL AND FINAL ADJUSTMENTS OF WORM GEAR CUTTERS  
WHEN PROCESSING HELICAL WHEELS**

© 2016

**V.V. Demidov**, PhD (Engineering), Associate Professor, professor of Chair “Metal cutting machines and tools”  
*Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk (Russia)*

*Keywords:* worm gear cutter; initial and final adjustments of a hob; minimum lengths of entry and exit parts of a hob; helical wheel; computer simulating modeling.

*Abstract:* For the efficient operation of worm gear cutters (WGC), it is necessary to know their initial and final adjustments against the processed wheel workpiece. It is shown, that at equal initial data, the values of initial and final adjustments of WGC are different in different information sources, and the concepts of initial and final adjustments of WGC define ambiguously the relative position of a hob and a wheel workpiece. To understand definitely what part of WGC is spoken about, it is necessary to use the concepts of minimum lengths of entry and exit parts of WGC instead of the concepts of initial and final WGC adjustments. The shortening of the entry and exit parts of hobs to be less than the minimum admissible values is impossible due to the creation of defects of gear wheels along the teeth profile. If the lengths of entry and (or) exit parts of hobs are more than the minimum admissible values, the cutting power resource of hobs will not be used to a full degree, i.e. possible maximal period of their durability will not be ensured. Using the method of computer simulation modeling of the kinematics of the process of hobbing by the WGC, when hobbing up and down with the axial feed, the authors defined the minimum lengths of WGC entry and exit parts when hobbing helical wheels with the module of 3 mm, teeth inclination angle of 30° and the teeth number equal to 20, 45 and 90 pieces. The authors proved experimentally the reliability of the results gained by the computer simulating modeling and their essential difference from the data given in reference books. The study identified the essential influence of the direction of axial feed (up or down) on minimum lengths of WGC entry and exit parts when hobbing helical wheels.