

УДК 621.833

Т. В. Савельева, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ОПЫТ УНИФИКАЦИИ СПИРОИДНЫХ ФРЕЗ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРЕДАЧ РЕДУКТОРОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Рассмотрены вопросы проектирования спироидной передачи на основе унифицированного инструмента в редукторах трубопроводной арматуры. Обозначены особенности и описаны ограничения, возникающие в ходе проектирования передачи. Приведены рекомендации по назначению параметров передач и станочных наладок.

Ключевые слова: спироидные передачи, проектирование, унификация спироидных фрез, редукторы трубопроводной арматуры.

Методология проектирования спироидных передач на основе унифицированных спироидных фрез [1, 2] позволяет существенно (в 5-8 раз) уменьшить номенклатуру зуборезного инструмента и получить благоприятный локализованный контакт. В настоящей статье приводится опыт использования указанной методологии при проектировании и производстве передач редукторов трубопроводной арматуры (ТПА).

Основные положения методики проектирования

Основные параметры спироидной передачи назначаются на этапах:

- синтеза сопряженного зацепления;
- синтеза локализованного контакта.

Параметры инструмента определяются на этапе 2. Упомянутый подход к проектированию предполагает, что инструмент задан (например, имеется в наличии). Выполнение этого условия обеспечивается в итерационном режиме путем корректировки параметров рабочего (этап 1) и станочного (этап 2) зацеплений. Различия между получаемыми на каждой итерации расчетными и заданными параметрами инструмента уменьшаются изменением параметров рабочего и станочного зацеплений. При этом передача оценивается по эксплуатационным показателям и степени локализации контакта. Задачу проектирования

в такой постановке можно рассматривать как оптимизационную [3].

Выбор параметров передач редукторов ТПА

Основными особенностями редукторов ТПА [4] являются высокие нагрузочные и перегрузочные моменты на выходном валу, низкие скорости вращения валов, повторно-кратковременный режим работы. Такие редукторы классифицируются на четвертьоборотные (рис. 1, а) – редукторы шаровых кранов, дисковых затворов – и многооборотные (рис. 1, б) – редукторы клиновых или шиберных задвижек.

Исходя из практики проектирования редукторов ТПА выделены предпочтительные диапазоны передаточных отношений i_{12} , коэффициента внешнего диаметра спироидного колеса k_{e2} и коэффициента диаметра вершин витков спироидного червяка k_{a1} (табл. 1) для четверть- и многооборотных редукторов.

При выборе параметров передачи необходимо принимать во внимание конструктивные геометрические ограничения, которые учитывают отсутствие пересечения элементов конструкции редуктора, а также следующие технологические ограничения: проверка пересечения поверхностей ступичной части колеса и тела фрезы (рис. 2); проверка размещения заготовки колеса на зубофрезерном станке (это актуально для колес больших габаритов); проверка степени перекрытия фрезой нарезаемой части колеса (рис. 3).

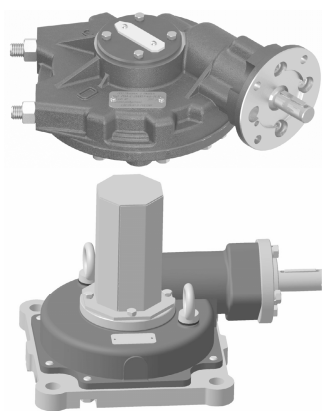


Рис. 1. Общий вид редукторов ТПА

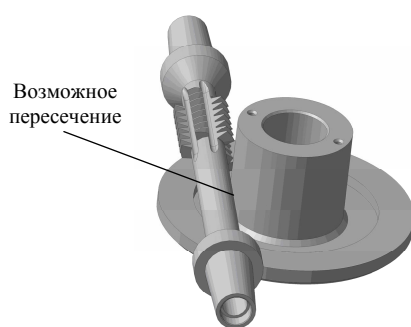


Рис. 2. Проверка пересечения ступичной части колеса с телом фрезы

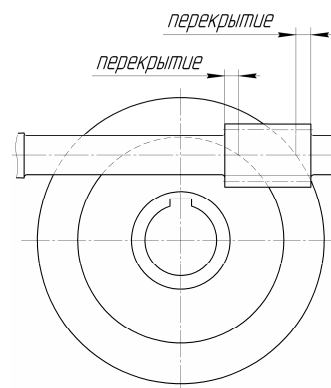


Рис. 3. Проверка степени перекрытия фрезой нарезаемой части колеса

Таблица 1. Рекомендуемые диапазоны некоторых параметров передач редукторов ТПА

Тип редуктора	i_{12}	k_{e2}	k_{a1}
Четвертьоборотный	20...80	2,95...3,25	0,6...0,8
Многооборотный	6...50	3,30...4,50	0,9...1,4

Результаты унификации фрез и рекомендации по выбору параметров

Описанный подход к синтезу спироидной передачи внедрен в практику проектирования и производства редукторов ТПА в Институте механики ИжГТУ имени М. Т. Калашникова и на предпри-

ятии ООО «Механик» (Ижевск). Расчет передач построен на выборе имеющихся фрез, основные параметры которых указаны в табл. 2. Основные характеристики изготавливаемых передач и редукторов ТПА представлены в табл. 3. Табл. 4 описывает пример практического применения фрезы с модулем 2,75 мм для передач разных типоразмеров и передаточных отношений. Накопленный опыт проектирования спироидных передач позволяет сформулировать рекомендации по выбору параметров передач и станочных наладок, которые сведены в табл. 5

Таблица 2. Основные параметры имеющихся спироидных фрез

Осевой модуль m_{x0} , мм	1,125	1,75	2,25	2,75	3,35	4	5	5	5,3
Диаметр вершин витков d_{a0} , мм	20,5	30	50,4	43,7	44	50	65,5	88	65,5
Число заходов z_0	1	1	1	1	2	1	1	1	2

Таблица 3. Основные характеристики изготавливаемых передач и редукторов ТПА

№ п/п	Модель редуктора	Максимальный вращающий момент T_2 , Нм	Межосевое расстояние a_w , мм	Реализуемые передаточные отношения i_{12}	Диаметры колеса	
					внешний d_{e2} , мм	внутренний d_{i2} , мм
четвертьоборотные						
1	РЗА-С-300	300	30,5	20, 30, 37	90	68
2	РЗА-С-1000	1000	50	12, 17, 31, 39	147	112
3	РЗА-С-2000	2000	60	11, 14, 16, 24, 46	175	138
4	РЗА-С-4000	4000	70	16, 28, 34, 53, 65	213	160
5	РЗА-С-8000	8000	90	17, 21, 25, 39, 48	268	203
6	РЗА-С-20000	20000	108	16, 24, 46	350	255
7	РЗА-С-32000	32000	130	19, 28, 55	400	290
многооборотные						
8	РЗАМ-С-500	500	28	6, 7	120	92
9	РЗАМ-С-1000	1000	40	8, 12, 17, 32	155	120
10	РЗАМ-С-2500	2500	65	8, 10, 13, 19, 35	224	170
11	РЗАМ-С-10000	10000	93	11, 14, 21, 40, 49	315	237

Таблица 4. Основные параметры передач и станочных наладок для фрезы с модулем 2,75 мм

№ передачи	Межосевое расстояние a_w , мм	Передаточное отношение i_{12}	Число заходов червяка z_1	Осевой модуль червяка m_{x1} , мм	Станочный межосевой угол Σ_0 , °	Поле модификаций на развертке зуба	
						по левой поверхности	по правой поверхности
1	40	17	2	2,754	90,77		
2		12	3	2,774	91,43		
3	50	39	1	2,75	90,25		
4	60	46	1	2,747	90,18		
5		24	2	2,765	90,66		
6	70	16	3	2,792	91,57		
7		53	1	2,745	90,17		
8	28	2	2,758	90,67			

Таблица 5. Некоторые рекомендации по выбору параметров передач и станочных наладок

Число заходов		Разница станочного и рабочего межосевого углов $\Sigma_0 - \Sigma$, °	Относительная разница осевых модулей червяка и фрезы $(m_{x1} - m_{x0})/m_{x0}$	Разница левых углов профиля фрезы и червяка $\alpha_{nL0} - \alpha_{nL2}$, °	Разница правых углов профиля фрезы и червяка $\alpha_{nR0} - \alpha_{nR2}$, °
червяка z_1	фрезы z_0				
1	1	0...+0,3	-0,003...0	-0,01...+0,15	-1...+0,4
2	1	+0,4...+1,1	-0,002...+0,010	+0,15...+0,70	+0,6...+1,7
3	1	+1,0...+1,7	+0,009...+0,015	+0,80...+1,70	+2,6...+4,3
3	2	+1,0...+1,7	0...+0,019	+1,00...+2,00	+1,9...+3,1
4	2	+1,1...+2,9	+0,005...+0,031	+1,80...+3,50	+3,1...+6,2

Заключение

Применение описанной методологии позволяет получить не только технологический (унификация фрез), но и экономический (снижение затрат на производство и эксплуатацию инструмента) эффект, как для редукторов ТПА, так и для общемашиностроительных редукторов. Обозначенный подход также может быть использован при проектировании червячных передач.

Библиографические ссылки

1. Трубачев Е. С., Савельева Т. В. Постановка задачи о разработке типоразмерного ряда однозаходных спироид-

ных фрез // Теория и практика зубчатых передач : сб. докл. науч.-техн. конф. с междунар. участием / Ассоциация инженеров механических трансмиссий и приводов (Россия). – Ижевск, 2004. – С. 202–207.

2. Goldfarb V. I., Trubachev E. S., Savelyeva T. V. Unification of the hobs in spiroid gears // International Conference on Gears. Europe invites the World. September 14th to 16th, 2005. – Garching near Munich, Germany, 2005. – P. 1755–1759.

3. Трубачев Е. С., Савельева Т. В. Оптимизационная задача при автоматизированном проектировании спироидных передач на базе однозаходных унифицированных фрез // Информационная математика. – 2005. – № 1(5). – С. 121–130.

4. Спироидные редукторы трубопроводной арматуры / В. И. Гольдфарб [и др.]. – М. : Вече, 2011. – 222 с.

T. V. Savelyeva, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Experience of Spiroid Hobs' Unification at Gear Design of Gearboxes for Pipeline Valves

The questions of spiroid gear design on the basis of unified tools are considered for gearboxes of pipeline valves. The peculiarities and restrictions of gear design are described. Recommendations are given for assigning the parameters of gears and machine-tool engagements.

Key words: spiroid gear, design, unification of spiroid hobs, gearboxes for pipeline valves.

УДК 621.833.3

А. С. Кузнецов, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

А. А. Корнилов, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ОБ УЧЕТЕ НЕОБРАТИМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СПИРОИДНЫХ ПЕРЕДАЧ НИЗКОСКОРОСТНЫХ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ РЕДУКТОРОВ

Рассматриваются основные группы необратимых изменений контактных поверхностей тяжело нагруженной спироидной передачи. Рассматривается концепция модели, позволяющей производить оценку данных изменений в итерационном алгоритме расчета НДС передачи и учитывать их влияние на качество и эволюцию передачи на этапе проектирования ее параметров. Раскрываются основные направления исследования с целью совершенствования модели необратимых изменений контактных поверхностей.

Ключевые слова: спироидная передача, прочность.

Оценка прочности нагруженных элементов конструкции, выполняемая для сложных объектов путем численного моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС), во многих конструкторских разработках имеет перво-степенное значение. Особенную важность и сложность данный вопрос приобретает для тяжело нагруженных передач приводов трубопроводной арматуры (ТПА) [1, 2, 3]. Сложность здесь обусловлена как геометрическими особенностями объекта исследования (пространственный характер зацепления, многопарность контакта), так и высокой степенью его нагруженности. К примеру, уровень контактных напряжений даже без учета их неравномерного распределения составляет не менее 1000...2000 МПа. Уже только это дает основания предполагать, что наряду с упругими деформациями в нагруженной передаче вполне вероятны и необратимые изменения

геометрии контактирующих зубьев (несколько забегаая вперед, отметим, что эти предположения вполне согласуются с практикой). Эти изменения определяют степень концентрации нагрузки между контактирующими парами зубьев и внутри каждой пары, как следствие, – прочность и нагрузочную способность передачи.

В опубликованных к настоящему времени работах [4] вопрос учета необратимых изменений геометрии зубьев в спироидных передачах практически не освещен. Можно лишь указать на работы в этой области, посвященные исследованиям передач других типов [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и др.]. В настоящей работе, являющейся по сути постановочной для обозначенной проблемы, рассматриваются особенности ее решения с учетом характера исследуемого объекта и выбранной модели для оценки его НДС, дана краткая характеристика задач, которые необходимо решить.