

УДК 621.833.65: 539.43

**ФОРСИРОВАННЫЕ СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ  
ПЛАНЕТАРНОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА**

Н. Н. ИШИН<sup>1</sup>, А. М. ГОМАН<sup>1</sup>, А. С. СКОРОХОДОВ<sup>1</sup>,  
В. В. ШПОРТЬКО<sup>1</sup>, С. А. ШИШКО<sup>2</sup>, В. В. РЕГИНЯ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси  
Минск, Беларусь

<sup>2</sup>ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ»  
Жодино, Беларусь

Специалистами ОИМ НАН Беларуси и научно-технического центра имени А. Н. Егорова ОАО «БЕЛАЗ» разработана методика проведения ускоренных (форсированных) стендовых испытаний гидромеханической коробки передач планетарного типа (ПКП) карьерного самосвала БЕЛАЗ грузоподъемностью 55...60 т. Целью стендовых испытаний ставилось оценить соответствие расчетного ресурса коробки передач фактическому эксплуатационному. В основу определения режимов форсированных стендовых испытаний ПКП были положены расчеты зубчатых колес по контактной и изгибной выносливости. Отличительная особенность данной методики заключается в том, что она разработана для оценки ресурса ограниченного числа объектов испытаний (одна ПКП).

Методика испытания является универсальной и применима для двух вариантов технологии изготовления зубчатых колес. Величина предела выносливости по изгибу для сателлита определялась для случая, когда переходная поверхность зуба шлифуется (табл. 1, степень нагружения 6). По контакту – для случая нарезания зубчатых колес фрезой с протуберанцем без последующего шлифования переходной поверхности зубьев с целью обеспечения высокой прочности при изгибе (см. табл. 1, степень нагружения 7).

Табл. 1. Последовательность и время ускоренных испытаний ПКП

Степень нагружения	Испытываемая передача	Время испытания на каждой передаче, ч	Длительность испытаний, ч
1	1–6, з. х.	1	7
2	1–6, з. х.	1	7
3	1–6, з. х.	1	7
4	1–5, з. х.	1	6
5	1–5, з. х.	1	6
6	1	57	57
7	1	154	154
		Всего	244

Расчетом было установлено, что для сателлитов 3-го планетарного ряда со шлифованной переходной поверхностью, лимитирующего ресурс коробки

по изгибу, предел выносливости  $\sigma_{Flim} = 534,4$  МПа достигается при величине нагружающего момента  $M = 4100$  Н·м. В случае отсутствия шлифования переходных поверхностей лимитирующим ресурс коробки элементом является солнечная шестерня 3-го ряда, предел выносливости по контакту которой  $\sigma_{Hlim} = 1334$  МПа достигается при  $M = 4530$  Н·м.

Испытания были проведены в научно-техническом центре имени А. Н. Егорова ОАО «БЕЛАЗ» на стенде ЧР-4160-000, предназначенном для ресурсных испытаний планетарных гидромеханических передач карьерных самосвалов БЕЛАЗ. При проведении ускоренных испытаний использовался способ последовательного ступенчатого увеличения нагрузок с контролем степени повреждений для каждого уровня нагружения.

Программа испытаний содержит 7 этапов (см. табл. 1). Ступени нагружения 1–3 предназначены для осуществления обкатки коробки передач на каждой передаче. Ступени 4 и 5 нагружения соответствуют эксплуатационным нагрузкам. При этих нагрузках уровни контактных и изгибных напряжений в элементах ПКП существенно ниже предельных значений, и накопление повреждений в них будет происходить в течение длительного времени, что значительно увеличит сроки испытаний. На этих этапах испытания проводились при нагрузках и оборотах, соответствующих эксплуатационным режимам. На шестом и седьмом этапах реализуется форсированное нагружение ПКП. При этом в лимитирующих ресурс элементах ПКП происходит интенсивное накопление повреждений, соответствующих повреждениям в эксплуатации.

В связи с тем, что при проведении испытаний были использованы зубчатые колеса без шлифования переходных поверхностей, после первого форсированного режима нагружения (ступень 6), осмотр не выявил признаков повреждений.

Испытания были остановлены через 244 ч вследствие того, что было достигнуто состояние питтинга на зубьях солнечной шестерни 3-го планетарного ряда. Проведенные ускоренные испытания показали, что ресурс зубчатых колес, лимитирующих ресурс ПКП, превышает величину заданного при проектировании коробки ресурса в 400 000 км пробега, т. е. подтверждено соответствие расчетного ресурса зубчатых передач и подшипников ПКП эксплуатационному.

Испытания также показали, что реальные коэффициенты внутренней динамики и неравномерности распределения нагрузки вдоль линии зацепления зубчатых сопряжений, от величины которых в степенной функции зависит ресурс работоспособности механизма, существенно изменяются в течение их функционирования, при этом предварительный прогнозный ресурс может оказаться значительно завышенным.

Измерения показателей кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев и бокового зазора зубчатых колес 1-го и 3-го планетарных рядов были проведены в заводской лаборатории ОАО «БЕЛАЗ» до и после ускоренных стендовых испытаний. Анализ протоколов измерений показывает, что имеет место увеличение погрешностей направления и профиля зубьев солнечной шестерни и сателлитов 3-го планетарного ряда, что приводит к уменьшению несущей способности зубчатых передач.