

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛОГО
И СПЛОШНОГО ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ВАЛОВ
КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ**

**COMPARATIVE STUDY OF HOLLOW AND SOLID
COUNTERSHAFTS FOR THE APPLICATION IN GEARBOX**

Новиков Д. С., канд. техн. наук, гл. констр. КПиС,
ПАО «Автодизель» (ЯМЗ), г. Ярославль, РФ.
D. Novikov, Ph. D. in Engineering, Chief designer,
PJSC “Avtodizel” (YMZ), Yaroslavl, Russia

В статье представлены характеристики промежуточных валов для коробки передач ЯМЗ-2361 в двух исполнениях: сплошной вал и полый вал. Какой вал лучше полый или цельный было проанализировано с помощью расчета и сравнением характеристик деталей. Цель данного исследования – это снижение массы промежуточного вала и, как следствие, коробки передач в целом.

This paper presents the characteristic details of both hollow and solid countershafts for a gearbox YMZ-2361. What could be better, a hollow or solid shaft, is analysed by calculating and comparing. The main objective of this paper is to reduce weight of the gearbox.

Ключевые слова: *коробка передач, промежуточный вал, полый вал, модальный анализ, снижение массы.*

Keywords: *gearbox, countershaft, hollow shaft, modal analysis, weight reduce.*

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании такого узла, как коробка передач (КП) конструктор решает следующие задачи:

- 1) выполнение максимального числа передач в минимальных при минимальных массовых и габаритных параметрах;
- 2) обеспечение необходимого диапазона регулирования;
- 3) реализация максимально быстрого включения передач;
- 4) снижение уровня шума.

В данной работе рассмотрим один из вариантов снижения массы КП ЯМЗ, так как в целом по остальным параметрам при качествен-

ном изготовлении узла они соответствуют зарубежным аналогам [1].

Одним из вариантов снижения массы КП ЯМЗ-2361 – это применение полого промежуточного вала (пром. вал). Такое решение позволяет при некотором увеличении напряжений в детали, значительно снизить ее массу [2].

РЕШЕНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ

Конструкция (рис. 1) вала будет представлять толстостенную трубу 1 по ГОСТ 8732-78 размером 82,5x16 мм из стали 15ХГНТА, освоенную отечественной промышленностью, в его средней части, а цапфы 2 и 3 под установку подшипников будут представлять собой крышки, которые устанавливаются в трубную часть вала.

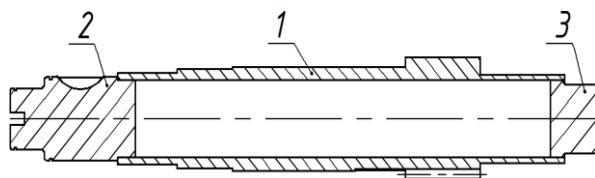


Рисунок 1 – Конструкция полого вала КП ЯМЗ

Задача будет решаться в два этапа:

- 1) определение прочности;
- 2) определение вибрационных характеристик (формы и частоты собственных колебаний, виброскорость) детали на разных уровнях представления.

Оценка прочностных свойств по изгибу и кручению была проведена по изменению запаса прочности (табл. 1). Расчет был проведен по известным методикам, изложенным, например, в [3].

Таблица 1 – Результаты прочностных расчетов

Параметр	Масса, кг	Запас прочности	Запас прочности допускаемый
Цельный вал	11,5	2,4	1,4
Полый вал	5,5	1,5	

Далее были определено изменение вибрационных характеристик КП на разных уровнях представления: деталь (вал), сборочный узел

(вал шестернями), агрегат в целом (КП в сборе). Расчет приводился по методике, изложенной в [4]. Оценочными параметрами на стадии модального анализа являются частоты и формы колебаний в частотном диапазоне 0–4500 Гц.

Более легкая деталь имеет частоты собственных колебаний ниже, чем у штатного промежуточного вала, что наблюдается как в отдельных деталях, так и в сборочных единицах. Так для штатной КП с резонансной формой колебаний на частоте 867 Гц (рис. 2) при применении полого вала произошло падение собственной частоты на 20 Гц, и, как следствие, исключение резонанса на режиме работы на третьей передаче при частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$.

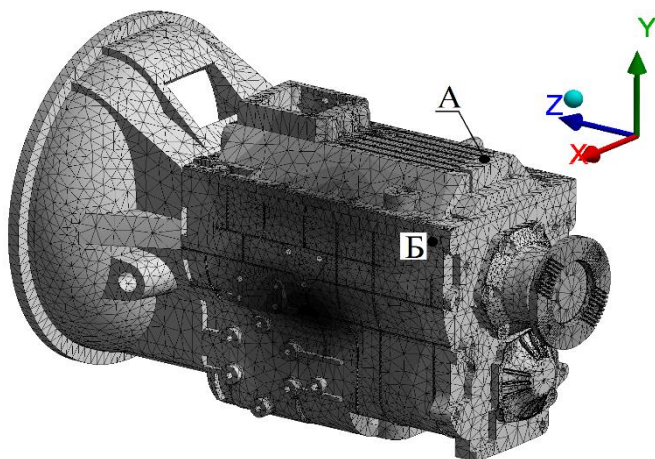


Рисунок 2 – Резонансная мода для КП со штатным валом

Одновременно это привело к возникновению другого резонансного режима для КП с полым пром. валом при ее работе на 3-ей передаче, при частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$. Таким образом необходима отстройка собственных частот картера КП уже для другого режима.

На конечном этапе исследования для определения вибрации картера были определены значения виброскорости для штатной КП и КП с полым пром. валом, в том числе и для точек А и Б (см. рис. 2

и табл. 2). Методика, по которой проводился расчет и эксперимент, подробно изложена в [4].

Таблица 2 – Сравнение результатов расчетного гармонического анализа и замера вибрации на резонансном режиме штатной КП

Точка	Амплитуда виброскорости, м/с		
	КП (штатный пром. вал)		КП (полый пром. вал)
	эксперимент	расчет	расчет
А	0,0095	0,0091	0,0067
Б	0,0063	0,0061	0,0036

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение полого вала приводит к снижению массы детали на 5,5 кг (50 %) при сохранении запаса прочности в допустимых пределах.

2. Изменение массы КП на 2 % за счет применения полого вала приводит к значительным изменениям вибрационных характеристик КП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков, Д. С. Доводка конструкции коробки передач по результатам тест-драйва автомобиля / Д. С. Новиков // Будущее машиностроения России: сборник докладов Восьмой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов, Москва, 23–26 сентября 2015 года. – Москва: Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, 2015. – С. 893–895.

2. Mechanical Design of an Optimal Transmission / L. C. Altherg [et. al.] // ATZ worldwide. – 2018. – Т. 120. – №. 10. – С. 68–73.

3. Валы и оси. Конструирование и расчет / С. В. Серенсен [и др.]. – М. «Машиностроение», 1970. – 320 с.

4. Новиков, Д. С. Применение модального и гармонического анализа для прогнозирования вибрационного состояния автомобильной коробки передач на ранней стадии проектирования / Д. С. Новиков // Труды НАМИ. – 2021. – № 3(286). – С. 30–36.

Представлено 05.03.2023