

- Д.О. ВОЛОНЦЕВИЧ**, докт. техн. наук, проф., зав. каф. КГМ им. А.А. Морозова НТУ «ХПИ», г. Харьков
- Е.А. ВЕРЕТЕННИКОВ**, аспирант, каф. КГМ им. А.А. Морозова НТУ «ХПИ», г. Харьков
- А.Е. ИСТОМИН**, канд. техн. наук, доцент каф. КГМ им. А.А. Морозова НТУ «ХПИ», г. Харьков

БОРТОВАЯ ПЛАНЕТАРНАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ОСНОВНОГО ТАНКА

В статье рассмотрена схема новой восьмиступенчатой с четырьмя передачами заднего хода механической планетарной коробки передач основного танка с бортовой структурой трансмиссии, существенно повышающая подвижность машины и komponующуюся в габаритах старой семиступенчатой бортовой планетарной коробки передач.

В статті розглянута схема нової восьмиступеневої з чотирма передачами заднього ходу механічної планетарної коробки передач основного танку з бортовою структурою трансмісії, що істотно підвищує рухливість машини і що komponується в габаритах старої семиступеневої бортової планетарної коробки передач.

In the article is considered the new scheme of eightstep with four transmissions of back-draught mechanical planetary gear-box basic tank with the side structure of transmission, substantially step-up mobility of machine and taking place in the sizes of old sevenstep side planetary gear-box..

Введение. При проектировании моторно-трансмиссионных установок (МТУ) танков третьего и четвертого поколения сложились два основных подхода:

1) Центральные трансмиссии с комплексной гидропередачей (гидротрансформатором), механической планетарной коробкой передач с гидроуправлением и двухпоточным гидрообъемным механизмом поворота (ГОМП), которые работают совместно с четырехтактным дизельным двигателем, установленным вдоль оси машины.

2) Бортовые механические планетарные коробки передач с гидроуправлением (БПКП), которые работают совместно с двухтактным или четырехтактным дизельным двигателем, установленным поперек оси машины.

Первый подход, благодаря использованию гидротрансформатора, облегчает автоматизацию трансмиссии и управление машиной, позволяет очень плавно наращивать силу тяги на движителе, что особенно важно при движении по слабонесущим грунтам. Использование двухпоточного ГОМП облегчает управление машиной, позволяет легко переходить от традиционных рычагов управления к штурвалу и реализовывать все радиусы поворота как фиксированные. Однако этот подход требует сравнительно больших объемов и высоты, что, в свою очередь, увеличивает объем бронированного пространства и

резко увеличивает вес машины при попытке сохранить параметр защищенности, а так же увеличивает силуэт машины, что облегчает ее обнаружение на поле боя. Этот подход характерен для всех разработчиков танков, кроме Украины и России.

Второй подход, особенно благодаря применению Харьковских двухтактных дизельных двигателей, позволяет получить машину с наиболее компактной МТУ и с минимально возможными весом и габаритами. Однако одновременно этот подход затрудняет управляемость машиной. Так на танках Т-64, Т-72, Т-80, Т-80УД, где еще не было установлено автоматической системы управления поворотом, органами управления оставались классические тракторные рычаги, и теоретическое количество фиксированных радиусов поворота отвечало количеству передач. Кроме того, передаточные отношения, реализованные в существующих БПКП с тремя степенями свободы в угоду компактности, далеки от идеальных и для динамичного разгона, и для поворота с фиксированными радиусами. Частично эта проблема была решена на российском танке Т-90 путем установки двухпоточного ГОМП и на украинской БМ «Оплот» путем установки автоматической системы управления поворотом. Однако передаточные отношения без потери компактности БПКП с тремя степенями свободы скорректировать пока не удалось.

Анализ последних достижений и публикаций.

В последнее время при дальнейшем увеличении мощности харьковских двухтактных дизелей БТД-2 наметилась тенденция к заметному снижению коэффициента приспособляемости этих двигателей, что требует увеличения количества ступеней в механической трансмиссии. Одновременно для бронетанковой техники актуальным стало повышение скорости движения задним ходом. На последнее частичным ответом стало внедрение реверсивной бортовой передачи на БМ "Оплот". Частичным оно является по тому, что попытка изменить параметры трансмиссии, не изменяя схемы БПКП, привела к необходимости устанавливать реверс-редуктор между ведущим колесом и остановочным тормозом. И хотя конструкция реверсивной бортовой передачи не позволяет включить нейтраль и оставить машину без тормозов, включение и выключение реверса здесь возможно только на относительно ровных участках местности.

Сложившаяся ситуация подталкивает многих российских и украинских разработчиков к мысли отказаться от второго подхода в проектировании МТУ, что приведет к потере преимуществ в компактности и защищенности и необходимости догонять в новых разработках конкурентов, имеющих несколько больший опыт работы с первым "подходом".

Авторами статьи после проведенных теоретических изысканий на тему получения оптимального набора передаточных чисел для максимально возможной динамики разгона танка в различных дорожных условиях и улучшения управляемости машиной [1-4] была предпринята попытка в базовых габаритах

объекта синтезировать схему БПКП, полностью или хотя бы частично снимающую возникшие противоречия. Это в целом может позволить улучшить характеристики подвижности танка в рамках принятого второго подхода компоновки МТУ без увеличения боевого веса машины.

Основная часть. С учетом описанной выше постановки было принято решение структурно БПКП разделить на входной реверс-демультипликатор, представляющий собой трехступенчатую двухстепенную планетарную коробку с передаточными отношениями $i_L=+3,333$; $i_N=+1$; $i_R=-3,429$, и собственно четырехступенчатую двухстепенную планетарную коробку с передаточными отношениями $i_I=+2,468$; $i_{II}=+1,826$; $i_{III}=1,35$; $i_{IV}=1$. При этом получается общая разбивка передаточных отношений по геометрической прогрессии с коэффициентом 1,35. Схема предлагаемой БПКП представлена на рисунке.

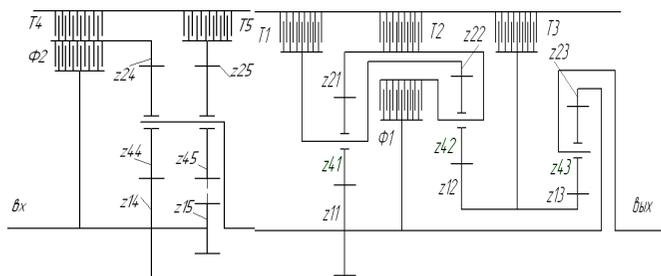


Рисунок – Кинематическая схема БПКП

Структурно-параметрический синтез отдельно реверс-демультипликатора и отдельно четырехступенчатой коробки проводился по методу М.А. Крэйнеса в изложении [5] для планетарных коробок передач с двумя степенями свободы при заданных передаточных отношениях.

Для обеспечения полученных в результате структурно-параметрического синтеза кинематических и силовых параметров для всех планетарных рядов были определены числа зубьев на шестернях и количество сателлитов, приведенные в таблице 1.

Сами полученные кинематические и силовые параметры предлагаемой БПКП представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Числа зубьев и сателлитов предлагаемой БПКП

наименование	№ ряда				
	1	2	3	4	5
солнце – Z_{1i}	23	28	28	24	14
эпицикл – Z_{2i}	73	87	80	56	62
сателлит – Z_{4i}	25	29	26	16	18-21
$n_{сат}$	4	5	4	4	3

Таблица 2 – Кинематические и силовые параметры предлагаемой восьмиступенчатой БПКП

Передаточные отношения													
i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_{R1}	i_{R2}	i_{R3}	i_{R4}	i_{R5}	i_{R6}
8,226	6,086	4,50	3,333	2,468	1,826	1,35	1	-8,462	-6,26	-4,629	-3,429		
Коэффициент разбивки соседних передач													
q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8	q_{R1}	q_{R2}	q_{R3}	q_{R4}	q_{R5}	q_{R6}
1,352	1,352	1,35	1,351	1,352	1,352	1,35		1,352	1,352	1,352	1,352	1,35	1,35
Относительные угловые скорости зубчатых колес													
$\omega_{вх}$	ω_{21}	ω_{31}	ω_{12}	ω_{24}	ω_{25}	ω_{41}	ω_{42}	ω_{43}	ω_{44}	ω_{45}	ω_{46}	ω_{47}	ω_{48}
1	-0,095	0	-0,389	0	0,462	0,277	0,28	0,549	-1,05	-0,544	0,121		
II	0,072	0	-0,223	0	0,462	0,21	0,213	0,417	-1,05	-0,544	0,164		
III	0,035	0,046	0	0	0,462	0,234	0,033	0,239	-1,05	-0,544	0,222		
IV	0,3	0,3	0,3	0	0,462	0	0	0	-1,05	-0,544	0,3		
V	-0,315	0	-1,291	1	1	0,922	0,931	1,828	0	0	0,406		
VI	0	0,24	-0,743	1	1	0,701	0,709	1,39	0	0	0,548		
VII	0,115	0,152	0	1	1	0,782	0,11	0,798	0	0	0,741		
VIII	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1		
RI	0,092	0	0,379	-0,846	0	-0,270	-0,273	-0,534	-1,938	-1,005	-0,118		
RII	0	-0,070	0,217	-0,846	0	-0,204	-0,207	-0,406	-1,938	-1,005	-0,160		
RIII	-0,034	-0,045	0	-0,846	0	-0,228	-0,233	-0,432	-1,938	-1,005	-0,216		
RIV	-0,292	-0,292	-0,292	-0,846	0	0	0	0	-1,938	-1,005	-0,292		
Относительные моменты на входе, выходе и управляющих фрикционных элементах без учета потерь в зацеплениях													
$M_{вх}$	M_{21}	M_{31}	M_{12}	M_{24}	M_{25}	M_{41}	M_{42}	M_{43}	M_{44}	M_{45}	M_{46}	M_{47}	M_{48}
8,226	4,882	0	0	0	3,333	0	0	0	0	0	0	0	0
6,086	0	0	2,747	0	3,333	0	0	0	0	0	0	0	0
4,50	0	0	1,167	3,333	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,333	0	0	3,333	0	0	0	0	0	1,506	0	0	0	0
2,468	1,468	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0
1,826	0	0	0,826	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0
1,35	0	0	0	0,35	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,453	0	0	0
8,462	5,016	0	0	0	0	0	0	4,429	0	0	0	0	0
6,26	0	2,822	0	0	0	0	0	4,429	0	0	0	0	0
4,629	0	0	1,20	0	0	0	0	4,429	0	0	0	0	0
3,429	0	0	0	0	0	0	0	4,429	1,547	0	0	0	0

При сравнительном анализе базовой и предлагаемой БПКП видно, что на новой коробке существенно снижены крутящие моменты на наиболее нагруженных фрикционах. Так, если в базовой коробке на блокировочном фрикционе максимальный крутящий момент составлял 4,57 от входного момента, то на новой БПКП на блокировочные фрикционы попадает максимум 1,547 и 0,7 от входного момента. Аналогично на остановочных тормозах – максимально было 7,17, а стало 5,016 от входного момента. Все это в сочетании с увеличением числа сателлитов до 4-5 практически на всех рядах и возможностью вернуться к неревверсивной более компактной бортовой передаче по предварительным прочностным оценкам дает возможность, несмотря на увеличение на один числа планетарных рядов и остановочных тормозов, сконструировать БПКП по предложенной схеме в габаритах базовой БПКП БМ "Оплот".

Вывод. При установке предлагаемых БПКП на БМ "Оплот" динамика разгона машины до максимальной скорости на любой местности увеличиться от 9 до 12%; благодаря сокращению в разрыве между первой и второй передачей с 1,857 до 1,352 появится возможность для тяжелых дорожных условий начинать разгон с первой передачи; будет обеспечена возможность включения всех передач заднего хода на любых уклонах; облегчится запуск двигателя в холодное время за счет отсоединения от двигателя основной коробки на реверс-демультипликаторе; а также появится возможность торможения машины одновременно тремя, а не двумя (как раньше) тормозными механизмами. Это позволит улучшить характеристики подвижности танка в рамках принятого второго подхода компоновки МТУ.

Список литературы: 1. *Волонцевич Д.О.* К вопросу разбивки передаточных отношений бортовых планетарных коробок передач гусеничных машин. / *Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №2/7 (50). – С.25-27. **2.** *Волонцевич Д.О.* Методика комплексной оценки динамичности военных гусеничных и колесных машин на этапе структурно-параметрического синтеза их трансмиссий. / *Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников* // Вісник НТУ "ХПИ". Збірка наукових праць. Тематичний випуск: Транспортне машинобудування. –Харків: НТУ "ХПИ", –2011. –№18. –С. 102-105. **3.** *Волонцевич Д.О.* Зависимость динамичности разгона БМ Оплот в различных дорожных условиях от способа разбивки передаточных отношений в бортовых планетарных коробках передач / *Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников* // Механіка та машинобудування, –№1, 2011. –С.20-31. **4.** *Волонцевич Д.О.* Синтез нової кінематичної схеми бортових планетарних коробок передач основного танку на базі розроблених критеріїв оцінки динамічності машин. / *Д.О. Волонцевич, Є.О. Веретенников* // Механіка та машинобудування. –2009. –№1. **5.** Анализ планетарных коробок передач транспортных и тяговых машин / *Филичкин Н.В.* Учебное пособие. Компьютерная версия исправленная и дополненная. –Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. –178 с.

Поступила в редколлегию 31.05.12