

Выводы. Выполнены работы по освоению серийного производства мотор-редукторов общемашиностроительного применения типа 6МП, отвечающих современному техническому уровню.

Список литературы: 1. ТУ У29.2-00224828-354:2013. "Мотор-редукторы планетарные одно-, двух- и трехступенчатые типоразмеров 6МП-31,5; 6МП-40; 6МП-50. Технические условия". – 44с. 2. SEW-EVRODRIVE. Германия. Каталог. – А3. D01. 2011. – 786с. 3. BONFIGLIOLI RIDUTORI. Италия. Каталог. – 2011. – 402с.

Поступила в редколлегию 30.04.2013

УДК 621.833

Новая серия планетарных мотор-редукторов типоразмеров 6МП-31,5; 6МП-40; 6МП-50 / В.М. Фей, А.В. Фесёков // Вісник НТУ "ХПИ". Серия: Проблеми механічного приводу. – Х.: НТУ "ХПИ". – 2013. – №41(1014). – С.153-157. – Бібліогр.: 3 назв.

В статті представлена нова серія планетарних мотор-редукторів типорозмірів. 6МП-31,5; 6МП-40; 6МП-50.

Ключові слова: планетарний мотор-редуктор.

The article presents the new series of planetary gear unit sizes 6MP-5, 31; 6MP-40; 6MP-50.

Keywords: planetary motor-gear.

УДК 629.1.032.001.24

В.Л. ЧЕРНЫШЕВ, к.т.н., доцент каф. ДМ и ПМ НТУ "ХПИ";

Ю.А. ОСТАПЧУК, к.т.н., доцент каф. ДМ и ПМ НТУ "ХПИ";

А.А. ШИПУЛИН, ведущий инженер ХКБМ имени А.А. Морозова, Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ТАНКА Т-64А В РЕЖИМАХ РАЗГОНА И ТОРМОЖЕНИЯ НА СУХОЙ ГРУНТОВОЙ ДОРОГЕ

В статье рассматривается динамика переходных процессов в силовой передаче танка Т-64А в режиме разгона и торможения на ровной горизонтальной грунтовой дороге. Аналитическое моделирование осуществляется методом динамического состояния. Приведены результаты работы дизеля 5ТДФ, всережимного регулятора и бортовой коробки передач (трансмиссии). Показаны законы изменения угловых скоростей вращения элементов трансмиссии и крутящих моментов, действующих на солнечные шестерни планетарных рядов, как функций времени.

Ключевые слова: танк, двигатель, трансмиссия, фрикционные устройства, планетарные передачи, динамика, крутящие моменты.

Введение. Колесно-гусеничные машины занимают важное место в техническом оснащении вооруженных сил. Армейские легковые и грузовые автомобили, колесные и гусеничные бронетранспортеры, боевые машины пехоты и основные боевые танки решают свои специфические задачи, выдвигаемые требованиями современного боя.

Силовая передача транспортной машины является основной системой, определяющей показатели подвижности, надежности и экономичности.

Семискоростная бортовая коробка передач (БКП), была разработана в ХКБМ им. А.А. Морозова в начале 60-х годов для танка Т-64 под двигатель 5ТДФ, мощностью 700л.с. В 70-е годы БКП была усилена под двигатели В-46 и 6ТД. В настоящее время она является основной трансмиссией танков Т-64, Т-64А, Т-64Б, БМ "Булат", Т-80УД, Т-72, Т-84, Т-90С, тягачей МТ-Т, инже-

© В.Л. Чернышев, Ю.О. Остапчук, О.О. Шипулин, 2013

нерных машин БТМ-4М "Тундра", БРМ-3, БРЭМ-1, МТУ-72, МТУ-90, выполненных на шасси МТ-Т, Т-72 и Т-90С, и гусеничных машин ГМ-831...ГМ-835, носителей ракетного вооружения (комплексы С-300В).

В настоящее время БКП работает на пределе своих технических возможностей: повышение мощности двигателя до 1200л.с. резко снижает ресурс подшипниковых опор и зубчатых передач. Она морально устарела и не отвечает современным требованиям по передаваемой мощности, управляемости и эргономике.

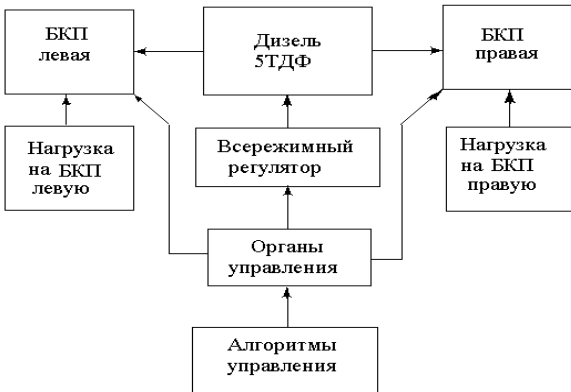
При проектировании новых транспортных средств передвижения, создании тренажеров и модернизации существующих образцов военной техники, возникает необходимость в математическом моделировании силовых передач в виде системы "водитель-двигатель-всережимный регулятор-трансмиссия", что позволяет выбрать правильные направления конструкторских работ и оценить их эффективность.

При выполнении данной работы были поставлены следующие задачи:

- аналитическое моделирование динамики танка Т-64А и его моторно-трансмиссионной установки в режимах разгона и торможения на ровной горизонтальной грунтовой дороге;
- исследование динамики переходных процессов в силовой передаче;
- определение законов изменения крутящих моментов на солнечных шестернях планетарных рядов БКП, в зависимости от режима движения машины.

1. Объект исследования. Объектом исследования является силовая передача танка Т-64А [1] в режиме его разгона и торможения на ровной горизонтальной грунтовой дороге. Ее структурная схема представлена на рисунке 1.

1.1. Алгоритмы и органы управления движением. Органами управления движением механика-водителя являются [2]:



- педаль подачи топлива;
- педаль сцепления;
- педаль тормоза;
- рычаги управления поворотом;
- кулиса переключения передач.

Приводы управления движением действуют на механико-гидравлическом принципе. За счет воздействия водителем на органы управления (задается скорость перемещения) осуществляется перемещение золотников в механизме распределения, что вызывает изменение давления масла в гидравлической части приводов. Законы нарастания и слива давления, для каждого фрикционного устройства (ФУ) БКП, являются функцией времени, которые считаются известными. Последовательность воздействия механиком-водителем на органы управления определяется целевой установкой: разгон, движение с постоянной скоростью, торможение, остановка.

Рисунок 1 – Структурная схема силовой передачи танка Т-64А

перемещение золотников в механизме распределения, что вызывает изменение давления масла в гидравлической части приводов. Законы нарастания и слива давления, для каждого фрикционного устройства (ФУ) БКП, являются функцией времени, которые считаются известными. Последовательность воздействия механиком-водителем на органы управления определяется целевой установкой: разгон, движение с постоянной скоростью, торможение, остановка.

1.2. Всережимный регулятор. Система автоматического регулирования дизелем занимает важное место в реализации алгоритмов управления движением машины и оказывает существенное влияние на переходные процессы в силовой передаче. Она обеспечивает заданный механиком-водителем скоростной режим работы двигателя, определенную величину давления воздуха на выходе из нагнетателя (давление наддува) и изменение подачи топлива при работе двигателя на режиме внешней характеристики [3].

В систему регулирования входят всережимный регулятор (ВР) числа оборотов, устройства коррекции подачи топлива и управления лопатками нагнетателя.

Указанные автоматические устройства объединены в одном агрегате-регуляторе, установленном на двигателе.

Всережимный регулятор числа оборотов, его структурная схема приведена на рисунке 2, обеспечивает:

- ограничение максимальных оборотов двигателя;
- поддержание устойчивых минимальных оборотов холостого хода;
- поддержание заданного механиком-водителем скоростного режима работы двигателя.

Поэтому, по характеру выполняемых задач, регулятор является всережимным.

При воздействии механиком-водителем на педаль подачи топлива 10 изменяется величина угла $\Theta(t)$. Это вызывает вращение по часовой стрелке рычага обратной связи 7 под воздействием пружины 6 относительно вращающегося вправо упора 9. Возникающее при этом перемещение поршня топливного сервомотора приводит к увеличению подачи топлива в ДВС.

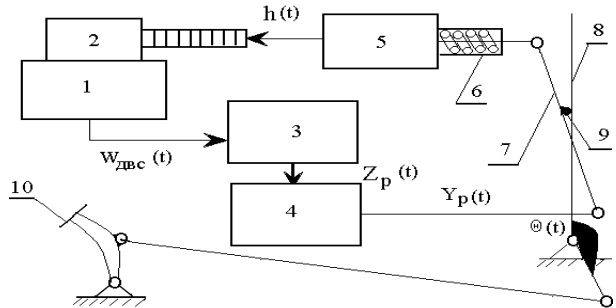


Рисунок 2 – Структурная схема всережимного регулятора дизеля 5ТДФ: 1 – объект регулирования (ДВС); 2 – формирователь; 3 – центробежный измеритель угловой скорости вращения коленвала; 4 – сервомотор измерителя угловой скорости; 5 – топливный сервомотор; 6 – пружина; 7 – рычаг обратной связи; 8 – рычаг управления; 9 – упор; 10 – педаль подачи топлива

Математическая модель ВР описывается двумя дифференциальными уравнениями первого порядка:

- скорость перемещения выходного штока сервомотора;
- скорость перемещения рейки топливных насосов.

1.3. Дизель 5ТДФ. Двигатель 5ТДФ – это пятицилиндровый, однорядный, двухтактный турбопоршневой дизель жидкостного охлаждения с непосредственным смесеобразованием и прямоточной двухпоршневой продувкой [3]. Общий вид двигателя представлен на рисунке 3.

При построении математической модели ДВС были сделаны следующие предположения:

- процессами газообмена, сжатия, смесеобразования и горения – пренебрегаем;
- крутильными колебаниями коленчатых валов и нагнетателя – пренебрегаем;
- двигатель рассматривается как одномассовая система с моментом инерции $J_{дв}$;
- в качестве выходных параметров ДВС используется угловая скорость



Рисунок 3 – Общий вид двигателя 5ТДФ

Исходными данными для получения выше указанных параметров является многопараметрическая характеристика ДВС.

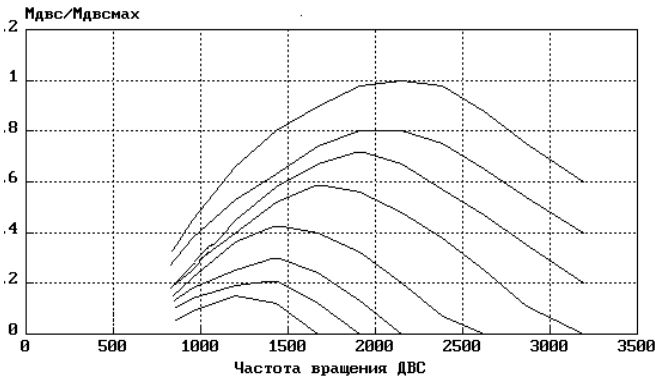


Рисунок 4 – Относительные зависимости крутящего момента ДВС на входе в трансмиссию для различных значений рейки топливного насоса вал коробки передач 3, бортовую передачу 4 и ведущее колесо 5.

Коробка передач механическая планетарная с 3 степенями свободы. В ее состав входят 4 планетарных ряда (ПР) – 1ПР...4ПР, бортовая передача (5ПР)

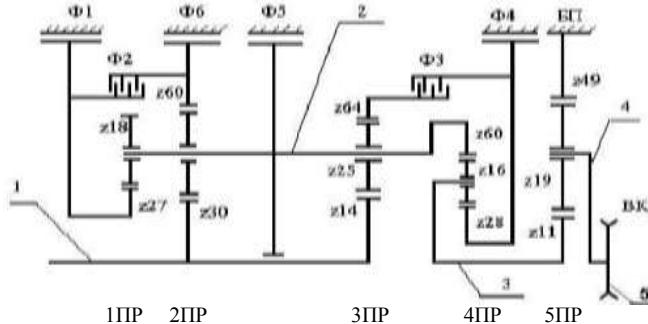


Рисунок 4 – Кинематическая схема БКП

вращения коленчатых валов и крутящий момент двигателя (семейство кривых, зависящий от положения рабочей точки дизеля $A(\omega_{дв}, h_{ртин})$, с учетом потерь мощности на всасывание и выхлоп, холостые потери, включая работу вспомогательных механизмов и системы охлаждения (рисунок 4).

1.4. Бортовая коробка передач.

Кинематическая схема БКП (их две, по одной на каждый борт машины) представлена на рисунке 5. Она включает в себя входной вал 1, который с помощью зубчатой муфты соединяется с коленчатым валом двигателя, сложное водило 2, выходной вал коробки передач 3, бортовую передачу 4 и ведущее колесо 5.

и шесть фрикционных устройств (ФУ) Ф1...Ф6. Фрикционы Ф1, Ф4, Ф5 и Ф6 являются тормозными, а Ф2 и Ф3 – блокировочными. В 1 и во 2 планетарных рядах солнечная шестерня общая. Водило планетарных рядов 1ПР,

2ПР и 3ПР (сложное водило) выполнено как единая сборочная единица. Каждый фрикцион состоит из пакета стальных металлокерамических дисков, работающих в масле, и сжимающего устройства – бустера.

Включение ФУ производится за счет подачи масла под давлением, в зависимости от номера текущей передачи, в полость между бустером и манжетой. В тормозные фрикционы масло поступает из системы гидроуправления, а в блокировочные – через каналы в корпусных деталях.

Номера включаемых фрикционов, передаточные отношения и максимальные расчетные скорости движения, в зависимости от номера передачи, приведены в таблице 1.

Выключение фрикционов осуществляется за счет слива масла из бустера и разъединения дисков трения за счет отжимных пружин. В выключенном состоянии между дисками трения существует зазор, который гарантирует отсутствие передачи крутящего момента от ведущих дисков трения к ведомым.

Включение фрикционов Ф4 и Ф5, которые обеспечивают торможение и удержание машины на подъемах и спусках, производится с помощью специального механизма, который состоит из двух шариковых разжимных устройств. Включение этих устройств осуществляется за счет перемещения педали остановочного тормоза.

Включение фрикционов Ф4 и Ф5, которые обеспечивают торможение и удержание машины на подъемах и спусках, производится с помощью специального механизма, который состоит из двух шариковых разжимных устройств. Включение этих устройств осуществляется за счет перемещения педали остановочного тормоза.

2. Аналитическое моделирование переходных процессов в силовой передаче танка Т-64А методом динамического состояния. В основу алгоритма расчета переходных процессов в силовых передачах, была положена авторская разработка: метод динамического состояния (МДС). Ее возможности и результаты применения изложены в работах [4, 5].

Отличительные особенности МДС следующие:

1. Планетарные трансмиссии транспортных машин, имеющие ФУ, являются неголономными системами и их описание дифференциальными уравнениями, получаемыми на основе уравнения Лагранжа [6], является неприемлемым [7].

2. МДС описывает структурные изменения силовой передачи, вызываемые включением, выключением и буксованием фрикционных устройств, при этом учитываются возникающие в системе ударные нагрузки, обусловленные перераспределением кинетической энергии вращающихся деталей и узлов трансмиссии.

3. Данный аналитический метод учитывает автоколебания, возникающие за счет сил трения в ФУ и вызывающие "срыв" уже включенного фрикциона, что увеличивает действительное время его включения.

4. В классической постановке, число дифференциальных уравнений, описывающих поведение механической системы, соответствует числу степеней свободы (обобщенных координат). При использовании МДС в число обобщенных координат включены кинематические (ускорения) и силовые (моменты) параметры. При включении и выключении ФУ силовая передача меняет число степеней свободы, что влечет за собой изменение числа необходимых дифференциальных уравнений. МДС позволяет сохранить число дифференциальных уравнений постоянным, охватывает все возможные состояния механической системы, существенно уменьшает время интегрирования дифференциальных уравнений, сохраняет структуру алгоритма вычислений и позволяет использовать стандартные методы Рунге-Кутты.

Таблица 1 – Параметры БКП

Передача	ЗХ	1	2	3	4	5	6	7
Включаемые ФУ	Ф3,Ф5	Ф3,Ф4	Ф4,Ф6	Ф3,Ф6	Ф1,Ф4	Ф1,Ф3	Ф2,Ф4	Ф2,Ф3
$i_{БКП}$	14,35	8,713	4,20	3,485	2,787	2,03	1,467	1,00
V_{max}	4,22	7,41	13,80	17,40	21,80	29,80	41,20	60,50

5. Метод является аналитическим, учитывает возникновение ударных нагрузок и позволяет рассматривать комбинированные силовые передачи (электромеханические, гидрообъемные и др.), физические процессы которых имеют малые постоянные времена.

3. Исследование динамики силовой передачи танка Т-64А в режимах прямолинейного разгона и торможения. В качестве примера рассмотрим разгон и торможение танка Т-64А на ровной сухой горизонтальной грунтовой дороге.

Танк имеет штатные исполнение и алгоритмы управления.

Программа движения танка предусматривает:

- начало движения с 1 передачи и последовательный выход на 7 передачу;
- максимальная скорость движения ограничивается 50км/ч;
- торможение осуществляется методом наката до скорости 2км/ч;
- остановка осуществляется тормозом и переводом кулисы в нейтральное положение.

3.1. Разгонная и тормозная характеристики. В начальный момент времени кулиса установлена в нейтральном положении и механик-водитель не воздействует на органы управления.

Трогание машины начинается через 2 секунды после выжимания педали сцепления, перевода кулисы в положение 1 передачи, отпускания педали сцепления, выжимания педали подачи топлива и включения фрикционов Ф3 и Ф4.

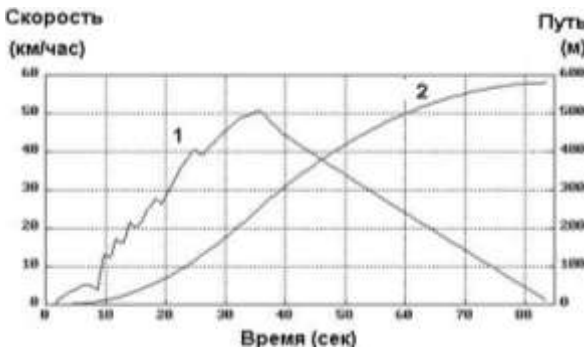


Рисунок 6 – Разгонная и тормозная характеристики танка Т-64А

На рисунке 6 приведены зависимости скорости движения (кривая 1) и пройденного пути (кривая 2), как функций времени.

Время разгона танка на 1 передаче занимает порядка 6 секунд, что вызвано алгоритмом управления и буксованием фрикциона Ф3.

После достижения машиной скорости 50км/ч ($t=35c$), программный модуль "Водитель" начинает

реализовывать торможение танка методом свободного наката, т.е. выжимается педаль сцепления, а дизель 5ТДФ переводится в режим минимальных устойчивых рабочих оборотов около 180рад/с (1700об/мин).

3.2. Динамика дизеля и системы регулирования. В системе автоматического регулирования дизелем важное место занимает закон перемещение рейки топливных насосов. Он позволяет оценивать загрузку дизеля на различных режимах движения.

На рисунке 7 представлены законы изменения во времени угловой скорости вращения двигателя 5ТДФ (кривая 1) и ход рейки топливных насосов (кривая 2).

Закон изменения крутящего момента ДВС, как функция режима движения и времени, с учетом холостых потерь мощности в самом ДВС и в системах, обеспечивающих его работоспособность, показан на рисунке 8.

Данные характеристики ДВС позволяют определить его выходную мощность и степень загруженности.

Алгоритмы управления движением танка предполагают переключать БКП на высшую передачу в точках максимальной мощности, что соответствует частоте вращения ДВС 2850об/мин (293рад/с).

За счет включения фрикционов увеличивается нагрузка на ДВС, и угловая скорость дизеля падает до 200рад/с (рисунок 7).

Анализ работы дизеля 5ТДФ в объектовых условиях танка Т-64А показывает:

1. На 1 передаче дизель 5 ТДФ не догружен и его выходная мощность составляет порядка 250 кВт (рисунок 9).

2. На 2, 3, 4 и 5 передачах рабочая точка дизеля выходит на режим максимальной мощности.

3. При движении на 6 передаче дизель достаточно долго "вытягивает" (5...7с) машину до скорости 40км/ч, что показывает на недостаточную его мощность.

4. При движении на 7 передаче разгон машины с 40 до 50км/ч занимает около 8...9с, при этом система регулирования обеспечивает максимальную подачу топлива в цилиндры ($h_{ггн}=10,5\text{мм}$), а угловая скорость дизеля растет достаточно медленно, со значительными сбросами (рисунок 7, диапазон времени 28< t <35с), что свидетельствует о недостаточном коэффициенте запаса ФЗ.

3.3. Анализ переходных процессов в БКП. Исследование переходных процессов в БКП позволяет получить физическую картину происходящих

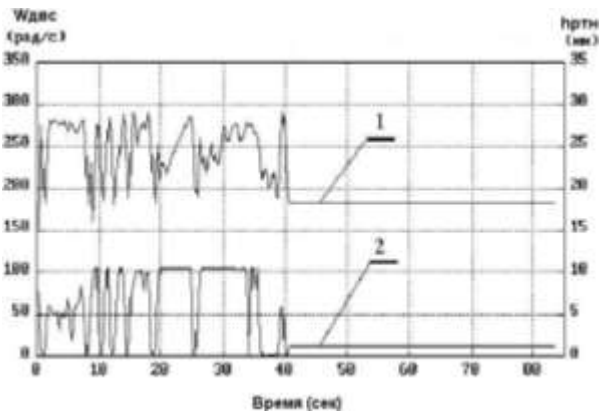


Рисунок 7 – Угловая скорость вращения дизеля 5ТДФ и переключение рейки топливных насосов при разгоне и торможении танка

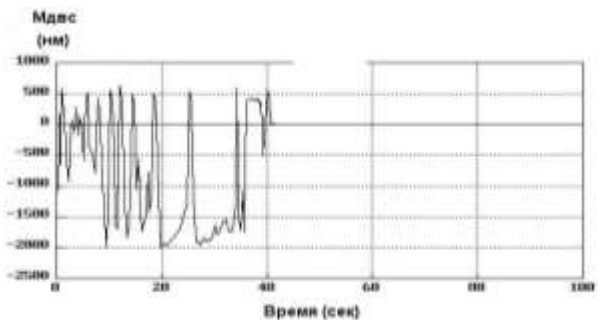


Рисунок 8 – Закон изменения крутящего момента дизеля 5ТДФ

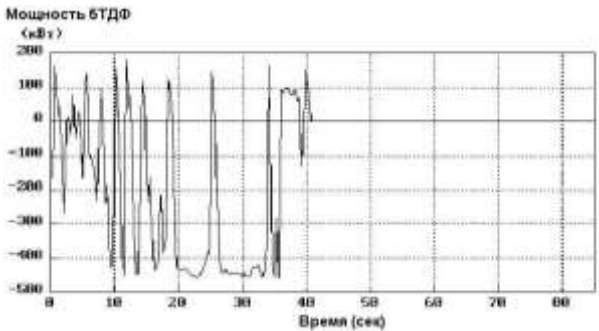


Рисунок 9 – Закон изменения выходной мощности дизеля 5ТДФ

процессов и выработать рекомендации по устранению негативных факторов.

При включении, выключении и срыве ФУ изменяется текущее состояние трансмиссии, что вызывает дополнительные особенности в построении алгоритма расчета.

В качестве примера рассмотрим движение на 5 передаче (Ф1 и Ф3) и переход с 5 на 6 передачу (Ф2 и Ф4), так называемый "клевок" (рисунки 6-13).

Движение танка на 5 передаче начинается на 15 секунде (рисунок 6, момент начала подачи масла в бустер Ф1), а конец соответствует моменту времени $t=18,5с$ (момент начала слива масла из бустера Ф1).

Работа БКП на 5 передаче сопровождается интенсивным скольжением фрикционов Ф1 (рисунок 10) и Ф3 (рисунок 12), которые носят знакопеременный характер, что и обуславливает движение танка.

Мгновенные значения угловых скоростей скольжения Ф1 и Ф3 по модулю достигают $300...400\text{рад/с}$, однако их длительность очень незначительная, что приводит к небольшим углам смещения дисков трения (до $10...15^\circ$).

В момент времени $t=18,3с$ начинается выключение Ф1 и Ф3 (слив масла из бустера) и через $0,3...0,5с$ начинается включение Ф2 и Ф4 при этом возникают незначительные автоколебания ($19,5 < t < 20,5$) после которых происходит их включение.

Зная величины скольжения, действующие моменты трения между металлокерамическими дисками можно определить затраты мощности на буксование ФУ и сформулировать требования к системе охлаждения БКП.

Наиболее тяжелыми режимами работы фрикциона Ф4 являются 1 и 6 передачи, на которых затраты мощности на буксование составляют около 6кВт . При выключении 6 передачи мощность буксования Ф2 не превышает $1,0\text{кВт}$.

3.4. Анализ нагруженности планетарных рядов БКП. В моторно-трансмиссионной установке танка Т-64А будем рассматривать следующие нагрузки:

1. Моменты сопротивления вращению ведущих колес, которые действуют со стороны гусеницы и несущего основания. Считаем, что они известны.

2. Силы инерции звеньев БКП.

3. Моменты трения во фрикционных устройствах, зависящие от геометрических размеров ФУ, характеристик отжимных пружин и величины давления масла в бустере.

4. Входной крутящий момент в трансмиссию (момент ДВС, рисунок 4).

Зависимость крутящего момента двигателя 5ГДФ на входе в трансмиссию, как функция времени, уже была рассмотрена (рисунок 8). В соответствии с принятым правилом знаков для мощности (входная мощность на звено принимается положительной, а выходная – отрицательной), отрицательные значения крутящего момента соответствуют активному режиму работы ДВС, а положительные – реактивному (режим компрессора).

На рисунках 14-17 приведены значения крутящих моментов на солнечных шестернях 1, 2, 3 и 4 планетарных рядов.

Конструктивно 1 и 2 планетарные ряды выполнены с единой солнечной шестерней. Метод динамического состояния позволяет разделить действующие нагрузки для каждого ПР в отдельности.

На рисунке 14 представлена зависимость крутящего момента на солнце 1ПР ($M_{1д1}$). Его максимальное (пиковое) значение возникает при движении на 7 передаче ($t=28с$) и составляет $78\text{кН}\cdot\text{м}$.

Со стороны 2ПР (рисунок 14) действует противоположно направленный крутящий момент $M_{1д2}=35\text{кН}\cdot\text{м}$. Анализ моментов $M_{1д1}$ и $M_{1д2}$ показывает на их кратковременный ударный характер. Причиной их возникновения является срыв фрикциона Ф3.

Рассмотрим крутящий момент на солнечной шестерне ЗПР, рисунок 16. Его мак-

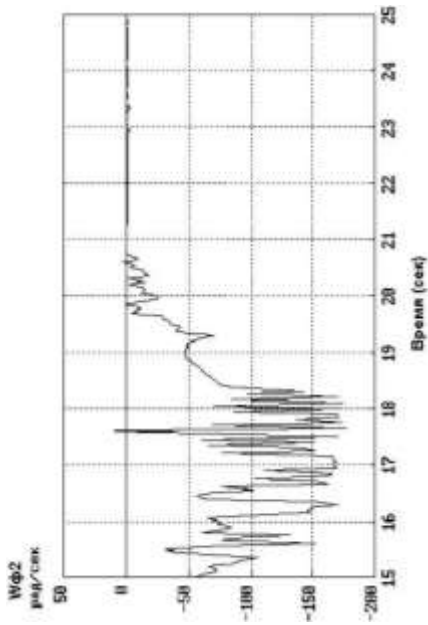


Рисунок 11 – Скольжение фрикциона Ф2

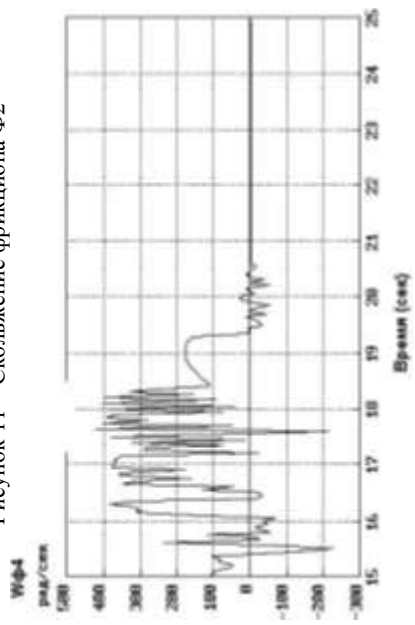


Рисунок 13 – Скольжение фрикциона Ф4

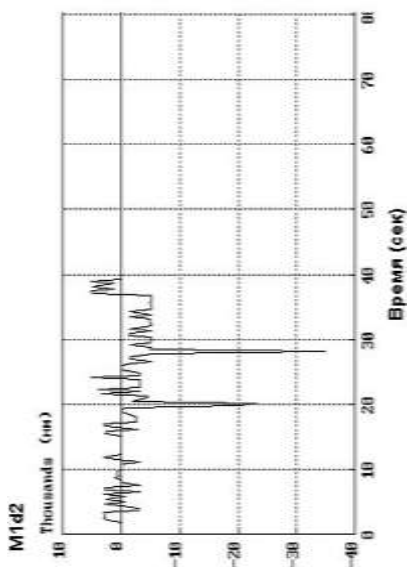


Рисунок 15 – Крутящий момент на солнце 2 планетарного ряда

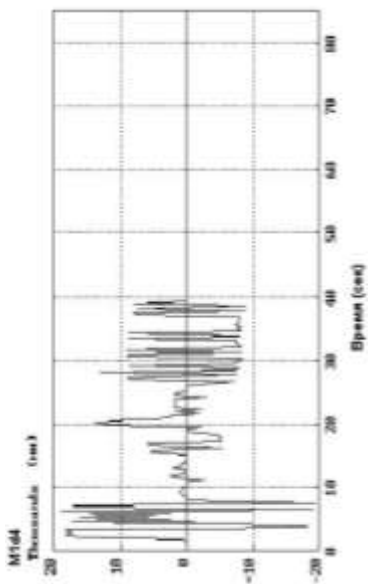


Рисунок 17 – Крутящий момент на солнце 4 планетарного ряда

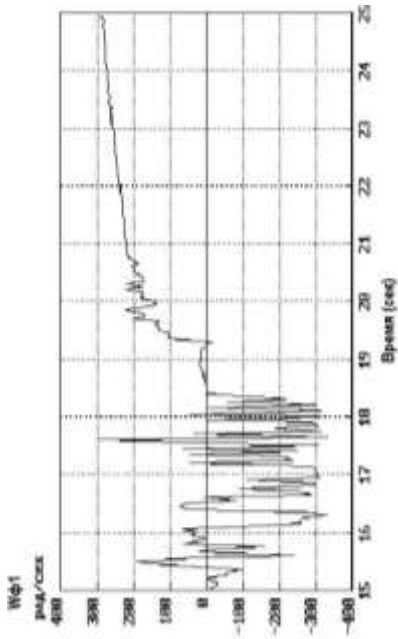


Рисунок 10 – Скольжение фрикциона Ф1

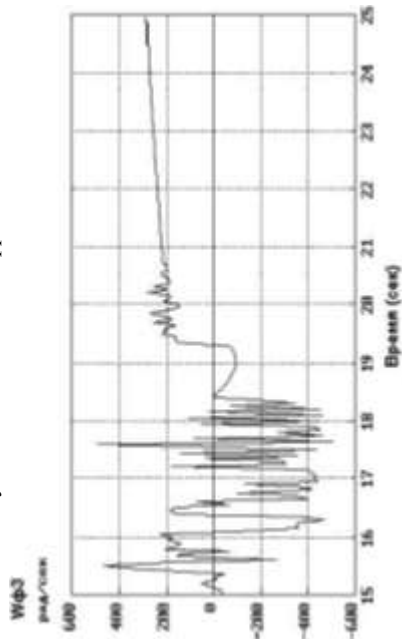


Рисунок 12 – Скольжение фрикциона Ф3

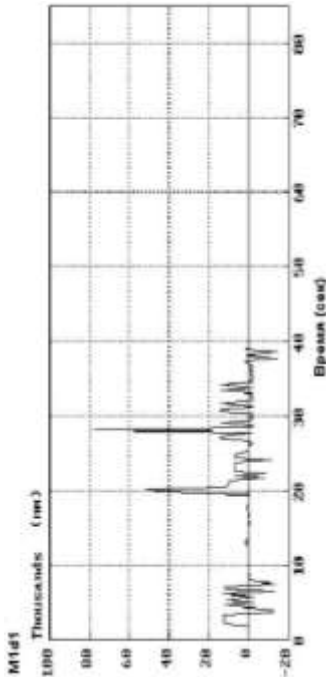


Рисунок 14 – Крутящий момент на солнце 1 планетарного ряда

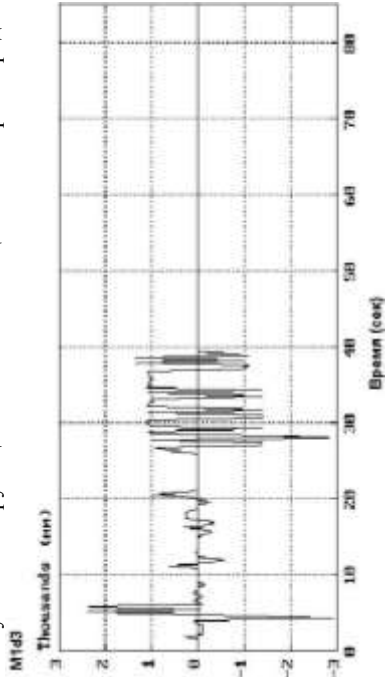


Рисунок 16 – Крутящий момент на солнце 3 планетарного ряда

симальное значение $2,8\text{кН}\cdot\text{м}$ достигается при $t=28\text{с}$, что вызывает срыв ФЗ. Причиной этого явления является не согласованность передаточных чисел 5 и 6 передач, что вызывает "клевок" машины. Следствием этого явились ударные нагрузки в 1 и 2 планетарных рядах и возникновение двух встречных потоков мощности, которые сошлись на общей солнечной шестерне 1 и 2 ПР. Итогом этого явилось уменьшение суммарного, результирующего момента в 2 раза и сохранения работоспособности БКП.

На рисунке 17 показан характер изменения крутящего момента на солнечной шестерне 4 ПР. Включение ФЗ на 7 передаче приводит к циркуляции потока мощности, которая носит знакопеременный характер.

Полученные зависимости изменения крутящих моментов позволяют построить циклограммы нагружения всех деталей и узлов БКП, оценить их прочность, надежность и ресурс.

4. Выводы:

1. Силовая передача танка Т-64А является сложной механической системой с гидравлическим управлением. Она имеет 13 подвижных масс (две БКП), на которые накладываются неголономные связи, обусловленные включением, буксованием и выключением фрикционных устройств.

2. Существующие методы математического моделирования силовых передач в не достаточной мере отражают конструктивные особенности трансмиссий, алгоритмы управления, действующие кинематические и силовые связи.

3. Разработанная математическая модель силовой передачи и полученные с ее помощью результаты переходных процессов позволяют оценить нагруженность деталей и узлов БКП, уровень потерь мощности, сформулиро-

вать требования к системам управления и охлаждения.

Список литературы: 1. Современные танки / Под ред. Б.С. Сафонова и В.И. Мураховского – М.: "Арсенал-Пресс", 1995. – 320с. 2. Объект 434. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Кн.1 и 2. – М.: Воениздат, 1986. – 424с. 3. Быстроходный танковый двигатель 5ТДФ. – М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1970. – 184с. 4. Чернышев В.Л., Рагулин С.В.. Информационная технология "Gill" и ее применение в создании подвижных комплексов вооружения: www.bvtv.narod.ru/1/gill/gill.htm 5. Чернышев В.Л. Проект "ЭТА". Электромеханическая трансмиссия перспективного советского танка "Молод" (изд. 477). www.bvtv.narod.ru/raznoe/eta.htm 6. Белоутов Г.С. Метод математического моделирования переходных процессов в транспортных гусеничных машинах // Вестник бронетанковой техники. – 1975. – №5. – С.22-24. 7. Анпель П. Теоретическая механика. Т.2. – М.: Изд. Физико-математической литературы, 1960. – 487с.

Поступила в редколлегию 18.04.2013

УДК 629.1.032.001.24

Исследование динамики силовой передачи танка Т-64А в режимах разгона и торможения на сухой грунтовой дороге / В.Л. Чернышев, Ю.А. Остапчук, А.А. Шипулин // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми механічного приводу. – Х.: НТУ "ХПІ". – 2013. – №41(1014). – С.157-167. – Бібліогр.: 7 назв.

У статті розглядається динаміка перехідних процесів в силовій передачі танка Т-64А в режимі розгону і гальмування на рівній горизонтальній ґрунтовій дорозі. Аналітичне моделювання здійснюється методом динамічного стану. Приведені результати роботи дизеля 5ТДФ, всережимного регулятора і бортової коробки передач (трансмисії). Показані закони зміни кутових швидкостей елементів трансмісії та обертових моментів, що діють на сонячні шестерні планетарних рядів, як функцій часу.

Ключові слова: танк, двигун, трансмісія, фрикційні пристрої, планетарні передачі, динаміка, обертові моменти.

The article takes up the issues of dynamic of transient processes in power transmission of T-64A battle tank in acceleration and braking modes on horizontal dirt road. Analytic simulation is realized by dynamic state method. The results of 5TDF diesel, all-range regulator and transmission performance are presented. The principles of rotational speed changes and motive force of transmission elements interaction with center gear and planetary gear sets are shown as time-varying function.

Keywords: tank, diesel, transmission, planetary gear, dynamic.

УДК 621.833.6

А.В. ШЕХОВ, старший научный сотрудник НАКУ "ХАИ", Харьков;
В.Н. ПАВЛЕНКО, д.т.н, доц., заведующий каф. НАКУ "ХАИ"

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОПТИМАЛЬНОЙ ПО МАССЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА ТИПА $n \times AI$ ПРИ ИЗГИБНОЙ ПРОЧНОСТИ

Рассмотрена методика определения несущей способности оптимальной по массе конструкции многоступенчатого планетарного механизма с учетом условий изгибной прочности.

Ключевые слова: планетарный механизм, несущая способность, изгибная прочность.

Постановка проблемы. Практика создания авиационных приводов на базе многоступенчатых планетарных механизмов показывает, что не всегда конструкция такого механизма, имеющего наименьшую массу, по несущей способности является оптимальной или даже допустимой. В этой связи получение оценки несущей способности конструкции механизма, которая имеет минимальную массу, представляет особый интерес.

Анализ литературы. Минимизации массы планетарных механизмов посвящено достаточно много работ, в частности [1-5]. Однако в этих работах не рассматриваются вопросы оценки несущей способности этих механизмов применительно к их оптимальным конструкциям. В

© О.В. Шехов, В.М. Павленко, 2013