

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ НА ЛЕГКОБРОНИРОВАННОЙ КОЛЕСНОЙ ВОЕННОЙ МАШИНЕ В АВТОМАТИЧЕСКОМ И РУЧНОМ РЕЖИМАХ УПРАВЛЕНИЯ

1. Введение и актуальность темы. Одной из важных научно-технических задач современного автомобилестроения является внедрение на разных видах транспортных машин агрегатов, узлов и систем, позволяющих упростить управление машинами, обеспечить оптимальные режимы совместной работы двигателя и трансмиссии на них при соответствующих текущих дорожных условиях, и повысить комфортность движения. Эти мероприятия также направлены на уменьшение утомляемости водителей при управлении машинами, получение наивысших тягово-скоростных характеристик и наилучших топливо-экономичных показателей для разных видов транспортных машин.

Особенно остро данная проблема стоит для многоосных транспортных колесных машин большой грузоподъемности, в том числе и для легкобронированных колесных военных машин (ЛКВМ). Поскольку они имеют сложные конструкции трансмиссий и не эргономичное управление.

На современных серийно изготавливаемых ЛКВМ задачи повышения эргономичности управления трансмиссией машины, получения высоких тягово-скоростных характеристик, улучшения топливо-экономичных показателей, повышения комфортности движения в настоящее время решают путем внедрения в конструкцию механической трансмиссии автоматической коробки передач (АКП) [1]. Это связано с тем, что АКП совместно с механическими элементами трансмиссии позволяют эффективно передавать потоки мощности от двигателя к ведущим колесам и управлять ими для обеспечения высоких параметров подвижности ЛКВМ, которые имеют массу в пределах от 7 до 35 т. Также АКП надежно работают в различных дорожных условиях и объединяют положительные свойства механической ступенчатой коробки передач и гидродинамической бесступенчатой передачи (ГДБП) [2].

Однако ступенчатое изменение передач в механической части АКП и невозможность комплексной ГДБП обеспечить во всем требуемом кинематическом и силовом диапазонах передаточных отношений трансмиссии транспортной машины плавное изменение крутящего момента, передаваемого на ведущие колеса, и плавное изменение частоты вращения ведущих колес в зависимости от сопротивления движению, а также невозможность постоянно поддерживать высокие значения коэффициента полезного действия (КПД) комплексной ГДБП приводит к необходимости автоматического управления переключением передач в АКП, блокировкой/разблокировкой комплексной ГДБП [3] и оптимизации алгоритмов их управления [4] для получения наименьшего времени разгона машины до максимальной или задаваемой водителем скорости движения, уменьшения удельного расхода топлива и обеспечения плавности движения транспортной машины.

Анализ режимов работы дизельного двигателя и АКП показал, что одновременно поддерживать наибольшую величину крутящего момента на ведущих колесах, наименьшую величину удельного расхода топлива и наибольшие значения КПД комплексной ГДБП не возможно [5]. Поэтому в современных системах управления АКП имеется возможность задания 2-х режимов движения машины – динамичного (спортивного) и экономичного, в которых управление АКП полностью автоматическое. Также, в некоторых моделях систем управления АКП реализованы функции ограничения включения высших

передач по отношению к заданной передаче для исключения частых переключений при движении машины по бездорожью и перехода на ручное управление переключением передач для опытных водителей. Причем, переход в режим ручного управления переключением передач может выполняться из автоматических динамичного и экономичного режимов движения машины для обеспечения оперативного переключения на полное управление водителем коробкой передач. Это особенно актуально в случае возникновения непредвиденных экстренных ситуаций в дорожной обстановке.

Часто при выполнении оптимизации алгоритмов управления переключением передач в АКП и блокировкой/разблокировкой комплексной ГДБП, а также для проведения анализа конструкции системы автоматического управления (САУ) АКП сравнивают динамические характеристики изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания и изменения частоты вращения выходного вала АКП при разгоне транспортной колесной машины в автоматическом и ручном режимах управления АКП. Это позволяет определять эффективность работы системы управления АКП в автоматических режимах управления и находить пути улучшения конструкции системы.

2. Цель и постановка задачи. Целью настоящей работы является проведение сравнительного анализа динамических характеристик изменения частот вращения коленчатых валов дизельного двигателя ЗТД-3А и выходного вала АКП при разгоне колесного бронетранспортера в автоматическом и ручном режимах управления АКП. Определение эффективности работы САУ АКП в автоматическом динамичном режиме движения машины.

3. Основная часть. При разгоне водителем колесного бронетранспортера в автоматическом режиме управления АКП (динамичный режим движения машины) САУ определяет моменты времени для выполнения блокировки/разблокировки комплексной ГДБП и переключения передач на основании сигналов от датчиков частоты вращения выходного вала АКП, частоты вращения коленчатых валов двигателя, положения педали подачи топлива по алгоритму, заложенному в электронном блоке управления (ЭБУ), и выдает управляющие сигналы на включение соответствующих электромагнитов клапанов механизма распределения или снимает с них сигналы для выполнения включения или отключения соответствующих фрикционов в комплексной ГДБП и АКП. Это в свою очередь приводит к изменению момента сопротивления на коленчатых валах двигателя, и как следствие, ведёт к изменению частоты вращения коленчатых валов двигателя и выходного вала АКП.

Как показывают результаты многолетних наблюдений за ходовыми испытаниями колесных бронетранспортеров, в процессе разгона в ручном режиме управления АКП моменты времени для выполнения переключения передач определяются водителем исходя из опыта эксплуатации машины и показаний тахометра, спидометра. Водитель воздействует рычагом селектора на микропереключатель, который подает сигнал в САУ АКП на включение следующей повышенной передачи. Включение необходимых фрикционов в АКП САУ выполняет также как и при работе в автоматическом динамичном режиме движения.

Моменты времени для выполнения блокировки/разблокировки комплексной ГДБП в ручном режиме управления АКП определяются САУ также как и в автоматическом на основе сигналов от датчиков частоты вращения выходного вала АКП и частоты вращения коленчатых валов двигателя.

Проведем сравнительный анализ динамических характеристик изменения частот вращения коленчатых валов дизельного двигателя ЗТД-3А и выходного вала АКП, которые представлены на рис.1 и рис.2. Данные характеристики были получены при выполнении водителем разгона колесного бронетранспортера на ровном горизонтальном участке дороги в автоматическом (динамичный режим движения) и ручном режимах управления АКП.

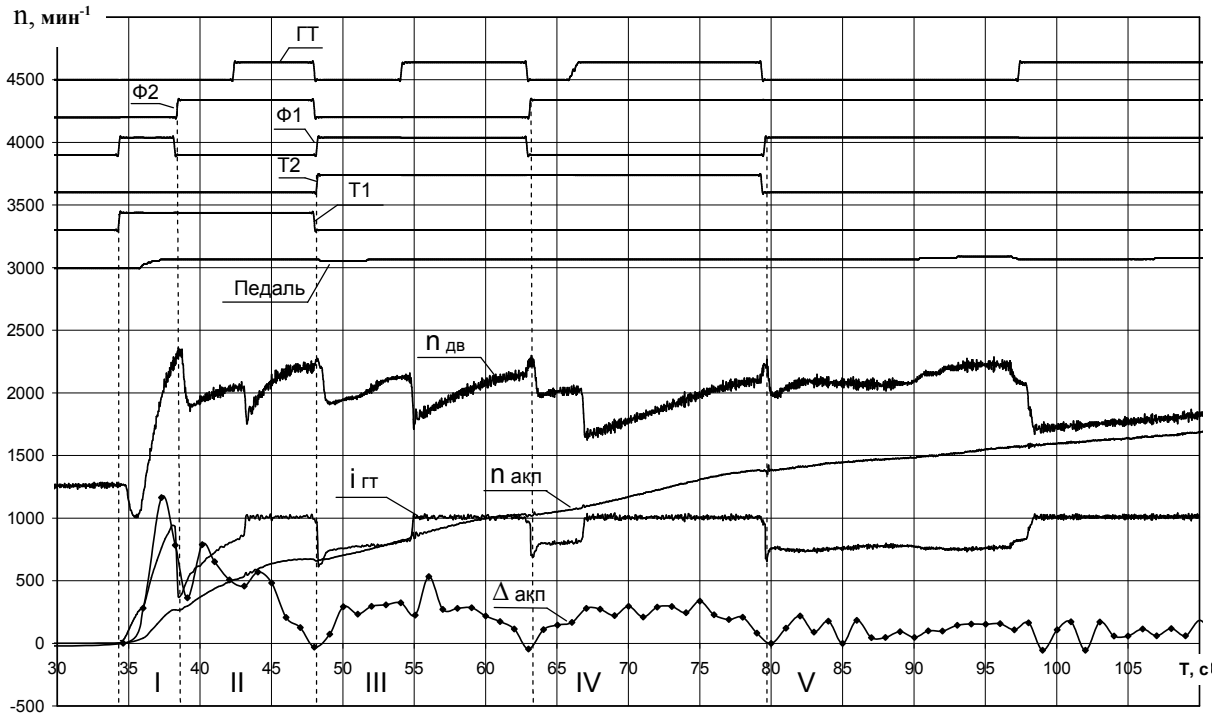


Рис.1. Динамические характеристики изменения частот вращения коленчатых валов двигателя ЗТД-3А и выходного вала АКП при выполнении разгона колесного бронетранспортера на ровном горизонтальном участке дороги в автоматическом режиме управления АКП (динамичный режим движения машины)

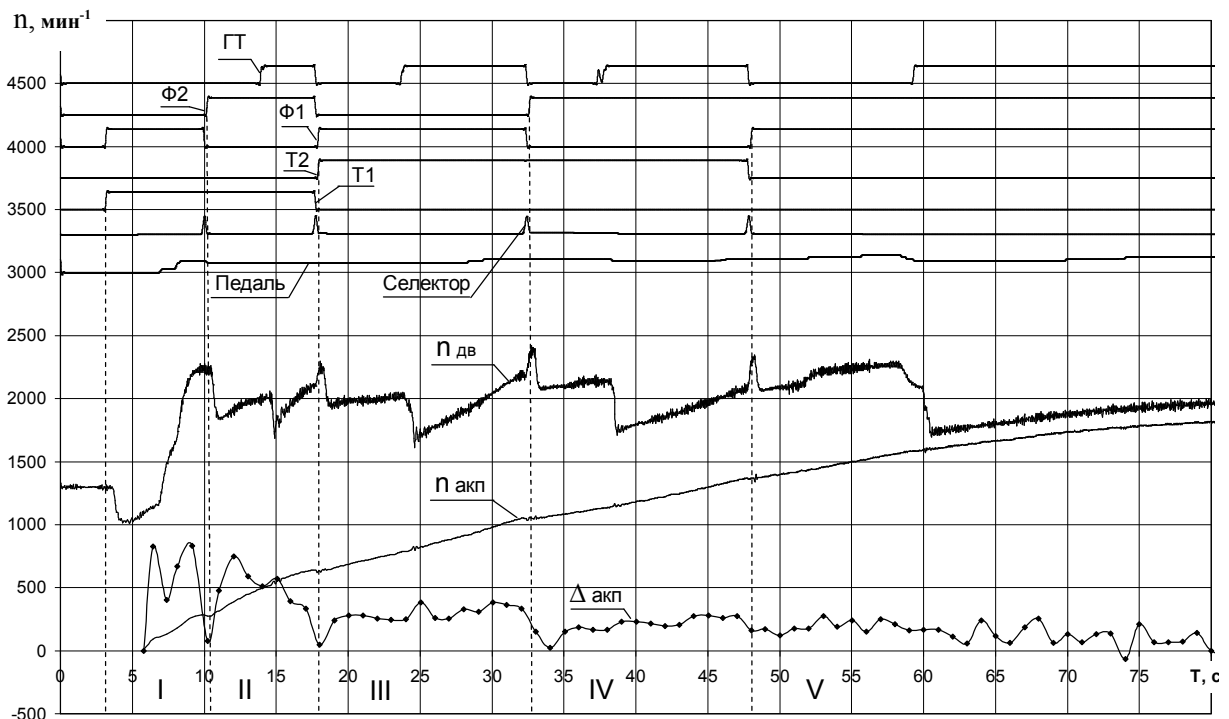


Рис.2. Динамические характеристики изменения частот вращения коленчатых валов двигателя ЗТД-3А и выходного вала АКП при выполнении разгона колесного бронетранспортера на ровном горизонтальном участке дороги в ручном режиме управления АКП

На рис.1 и рис.2 показаны сигналы управления ГТ, Ф1, Ф2, Т1, Т2, поступающие от ЭБУ АКП на электромагниты клапанов механизма распределения. Где ГТ – сигнал на включение фрикциона блокировки комплексного гидротрансформатора; Ф1, Ф2 – сигналы на включение первого и второго фрикционов в АКП; Т1, Т2 – сигналы на включение первого и второго тормозных фрикционов в АКП.

Для включения 1-й передачи в АКП необходимо чтобы были включены фрикционы Ф1 и Т1, 2-й – Ф2 и Т1, 3-й – Ф1 и Т2, 4-й – Ф2 и Т2 и 5-й – Ф1 и Ф2. Исходя из этих условий, пунктирными линиями на рисунках отмечены моменты времени подачи команд ЭБУ на включение передач в АКП.

Сигналы «Педаль», $n_{дв}$, $n_{акп}$ – сигналы, которые поступают от датчиков положения педали подачи топлива, частоты вращения коленчатых валов дизельного двигателя и частоты вращения выходного вала АКП соответственно.

Сигнал «Селектор» на рис.2 – сигнал от датчика, установленного на рычаге селектора выбора режимов работы АКП и переключения передач. Сигнал появляется в моменты времени, когда водитель переводит рычаг селектора в переднее положение для включения повышенной передачи.

Также на рис.1 представлен график $\dot{i}_{ГТ}$ – изменение во времени передаточного отношения гидротрансформатора в масштабе $\dot{i}_{ГТ} \cdot 1000$. Передаточное отношение $\dot{i}_{ГТ}$ вычислено по формуле:

$$\dot{i}_{ГТ} = n_{акп} / n_{дв} \quad (1)$$

На обоих рисунках представлены графики $\Delta_{акп}$ – приращение значений частоты вращения выходного вала АКП в мин^{-1} с шагом 0,96 с в масштабе $\Delta_{акп} \cdot 10$.

Из анализа графиков на рис.1 и рис.2 следует, что начальная частота вращения коленчатых валов двигателя (при отпущенной педали подачи топлива) составляет 1281 мин^{-1} в автоматическом режиме и 1287 мин^{-1} в ручном режиме. Время с момента подачи сигналов на электромагниты клапанов включения 1-й передачи (34,61 с в автоматическом режиме и 3,46 с в ручном режиме) до момента времени, соответствующего началу просадки частоты вращения коленчатых валов двигателя (34,93 с в автоматическом режиме и 3,78 с в ручном режиме) составляет 0,32 с. Это соответствует времени срабатывания фрикционов на включение 1-й передачи. После включения 1-й передачи частота вращения вала двигателя в автоматическом режиме уменьшилась на 257 мин^{-1} за время 0,68 с, в ручном режиме на 259 мин^{-1} за время 0,71 с. Т.е. значения приблизительно одинаковые.

Для включения 2-й передачи был снят сигнал Ф1 и подан сигнал Ф2 на 38,26 с и 38,46 с (рис.1) в автоматическом режиме и на 10,35 с и 10,55 с (рис.2) в ручном режиме управления. При этом кратковременное увеличение частоты вращения коленчатых валов двигателя составило 95 мин^{-1} за 0,22 с в автоматическом режиме и 22 мин^{-1} за 0,15 с в ручном режиме управления. В результате время разгона на 1-й передаче составило 3,65 с в автоматическом режиме и 6,89 с в ручном режиме управления. Т.е. разгон машины на 1-й передаче в автоматическом режиме был выполнен быстрее на 3,24 с. При этом величина $\Delta_{акп}$ в автоматическом режиме достигла максимального значения $116,36 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$, в ручном режиме $83 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$. После чего величина $\Delta_{акп}$ уменьшилась в автоматическом режиме до значения $36,3 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$, в ручном режиме управления $7,8 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$. Это говорит о том, что ускорение машины на 1-й передаче в автоматическом режиме было больше чем в ручном режиме управления.

При снятии сигнала Ф1 величины $n_{дв}$, $n_{акп}$ составили соответственно 2262 мин^{-1} и 267 мин^{-1} (рис.1) в автоматическом режиме и 2220 мин^{-1} и 273 мин^{-1} (рис.2) в ручном режиме управления. При этом педаль подачи топлива в ручном режиме управления нажата на 9,5% больше чем в автоматическом.

Для определения текущей скорости движения машины в единицах измерения [км/ч] воспользуемся формулой:

$$v_m [\text{км/ч}] = \frac{3,6 \cdot \pi \cdot n_{акп} [\text{мин}^{-1}] \cdot R_{вк}}{30 \cdot i_{кр} \cdot i_{мост} \cdot i_p} = 0,046128 \cdot n_{акп} [\text{мин}^{-1}], \quad (2)$$

где число $\pi = 3,14$; $n_{акп} [\text{мин}^{-1}]$ – частота вращения выходного вала АКП; $R_{вк}$ – радиус ведущего колеса, равный 0,48 м; $i_{кр} = 0,686$ – передаточное отношение коробки раздаточной; $i_{мост} = 1,32$ – передаточное отношение моста; $i_p = 4,33$ – передаточное отношение редуктора колесного.

В результате получаем, что машина разогналась на 1-й передаче в автоматическом режиме до скорости 12,3 км/ч, в ручном режиме до скорости 12,6 км/ч.

Для включения 3-й передачи были сняты сигналы Ф2, Т1 и поданы сигналы Ф1, Т2 на 48,06 с и 48,26 с (рис.1) в автоматическом режиме и на 17,85 с и 18,05 с (рис.2) в ручном режиме управления. При этом кратковременное увеличение частоты вращения вала двигателя составило 44 мин^{-1} за 0,1 с в автоматическом режиме и 117 мин^{-1} за 0,29 с в ручном режиме управления. В результате время разгона на 2-й передаче составило 9,6 с в автоматическом режиме и 7,3 с в ручном режиме управления. Т.е. разгон машины на 2-й передаче в ручном режиме был выполнен быстрее на 2,3 с. При этом величина $\Delta_{акп}$ в автоматическом режиме достигла максимальных значений сначала после включения 2-й передачи $78,7 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ потом после блокировки комплексной ГДБП $57,6 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ и в ручном режиме соответственно $74,9 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ и $57,1 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$. После чего перед включением 3-й передачи величина $\Delta_{акп}$ уменьшилась до значения $-2,97 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ в автоматическом режиме и $4,59 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ в ручном режиме. Это говорит о том, что ускорение машины на 2-й передаче в автоматическом режиме изначально было больше чем в ручном режиме управления, но потом из-за позднего переключения на 3-ю передачу стало меньше и даже достигло отрицательного значения.

Сигнал ГТ на блокировку комплексной ГДБП в автоматическом режиме поступил на 42,64 с при $i_{ГТ} = 0,833$ и в ручном режиме на 14,15 с. При этом блокировка комплексной ГДБП в автоматическом режиме произошла на 43,34 с и в ручном режиме на 14,88 с. Т.е. время на срабатывание фрикциона блокировки составило 0,7 с и 0,73 с соответственно. При этом кратковременное уменьшение частоты вращения вала двигателя составило 271 мин^{-1} за 0,26 с в автоматическом режиме и 358 мин^{-1} за 0,25 с в ручном режиме управления.

При снятии сигналов Ф2, Т1 величины $n_{дв}$, $n_{акп}$ составили 2220 мин^{-1} и 668 мин^{-1} в автоматическом режиме и 2158 мин^{-1} и 629 мин^{-1} в ручном режиме управления. При этом педаль подачи топлива в ручном режиме управления нажата на 4,4% больше чем в автоматическом.

В результате машина разогналась на 2-й передаче в автоматическом режиме до скорости 30,8 км/ч, в ручном режиме до скорости 29 км/ч.

Для включения 4-й передачи был снят сигнал Ф1 и подан сигнал Ф2 на 62,95 с и 63,16 с (рис.1) в автоматическом режиме и на 32,45 с и 32,65 с (рис.2) в ручном режиме управления. При этом кратковременное увеличение частоты вращения коленчатых валов двигателя составило 97 мин^{-1} за 0,31 с в автоматическом режиме и 186 мин^{-1} за 0,33 с в ручном режиме управления. В результате время разгона на 3-й передаче составило 14,69 с в автоматическом режиме и 14,4 с в ручном режиме управления. Т.е. разгон машины на 3-й передаче в ручном режиме был выполнен быстрее на 0,29 с. При этом величина $\Delta_{\text{акп}}$ в автоматическом режиме достигла максимальных значений сначала после включения 3-й передачи $29,3 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ потом после блокировки комплексной ГДБП $53,2 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$, в ручном режиме сначала $28,1 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ потом $38,2 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$. После чего перед включением 4-й передачи величина $\Delta_{\text{акп}}$ уменьшилась до значения $-4,6 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ в автоматическом режиме, а в ручном режиме поддерживалась на уровне не менее $30,7 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$. Таким образом также как и на 2-й передаче ускорение машины на 3-й передаче в автоматическом режиме изначально было больше чем в ручном режиме управления, но потом из-за позднего переключения на 4-ю передачу стало меньше и достигло отрицательного значения.

Сигнал ГТ на блокировку комплексной ГДБП в автоматическом режиме поступил на 54,31 с при $i_{\text{ГТ}}=0,822$ и в ручном режиме на 23,84 с. При этом блокировка комплексной ГДБП в автоматическом режиме произошла на 55,0 с и в ручном режиме на 24,49 с. Т.е. время на срабатывание фрикциона блокировки составило 0,69 с и 0,65 с соответственно. При этом кратковременное уменьшение частоты вращения вала двигателя составило 410 мин^{-1} за 0,19 с в автоматическом режиме и 342 мин^{-1} за 0,43 с в ручном режиме управления.

При снятии сигнала Ф1 величины $n_{\text{дв}}$, $n_{\text{акп}}$ составили 2178 мин^{-1} и 1012 мин^{-1} в автоматическом режиме и 2220 мин^{-1} и 1041 мин^{-1} в ручном режиме управления. При этом педаль подачи топлива в ручном режиме управления изначально была нажата на 9,2% больше чем в автоматическом и перед переключением на 4-ю передачу нажата больше на 10,5%.

В результате машина разогналась на 3-й передаче в автоматическом режиме до скорости 46,7 км/ч, в ручном режиме до скорости 48 км/ч.

Для включения 5-й передачи был снят сигнал Т2 и подан сигнал Ф1 на 79,4 с и 79,59 с (рис.1) в автоматическом режиме и на 47,86 с и 48,05 с (рис.2) в ручном режиме управления. При этом кратковременное увеличение частоты вращения вала двигателя составило 96 мин^{-1} за 0,3 с в автоматическом режиме и 227 мин^{-1} за 0,39 с в ручном режиме управления. В результате время разгона на 4-й передаче составило 16,24 с в автоматическом режиме и 15,21 с в ручном режиме управления. Т.е. разгон машины на 3-й передаче в ручном режиме был выполнен быстрее на 1,03 с. При этом величина $\Delta_{\text{акп}}$ в автоматическом режиме достигла максимальных значений сначала после включения 4-й передачи $14,5 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ потом после блокировки комплексной ГДБП $29,6 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$, в ручном режиме сначала уменьшилась до $2,4 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ потом увеличилась до $18,4 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ и после блокировки комплексной ГДБП до $23,2 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$. После чего перед включением 5-й передачи величина $\Delta_{\text{акп}}$ уменьшилась до значения $0,6 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$ в автоматическом режиме, а в ручном режиме поддерживалась на уровне не менее $19,4 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$. Это говорит о том, что ускорение машины на 4-й передаче в автоматическом режиме изначально бы-

ло больше чем в ручном режиме управления, но потом из-за позднего переключения на 5-ю передачу стало меньше.

Сигнал ГТ на блокировку комплексной ГДБП в автоматическом режиме поступил на 66,49 с при $i_{ГТ}=0,817$ и в ручном режиме на 37,76 с. При этом блокировка комплексной ГДБП в автоматическом режиме произошла на 67,14 с и в ручном режиме на 38,52 с. Т.е. время на срабатывание фрикциона блокировки составило 0,65 с и 0,76 с соответственно. При этом кратковременное уменьшение частоты вращения вала двигателя составило 348 мин^{-1} за 0,42 с в автоматическом режиме и 348 мин^{-1} за 0,53 с в ручном режиме управления.

При снятии сигнала Т2 величины $n_{дв}$, $n_{акп}$ составили 2168 мин^{-1} и 1376 мин^{-1} в автоматическом режиме и 2118 мин^{-1} и 1363 мин^{-1} в ручном режиме управления. При этом педаль подачи топлива в ручном режиме управления нажата на 12,5% больше чем в автоматическом режиме.

В результате машина разогналась на 4-й передаче в автоматическом режиме до скорости 63,5 км/ч, в ручном режиме до скорости 62,8 км/ч.

На 5-й передаче машина разогналась до скорости 77,4 км/ч ($n_{акп}=1677 \text{ мин}^{-1}$) в автоматическом режиме на 109 с и в ручном режиме на 66,06 с, что составило 29,41 с и 18,01 с соответственно. При этом педаль подачи топлива в ручном режиме управления нажата на 16,4% больше чем в автоматическом.

Сигнал ГТ на блокировку комплексной ГДБП в автоматическом режиме поступил на 97,36 с при $i_{ГТ}=0,817$ и в ручном режиме на 59,34 с. При этом блокировка комплексной ГДБП в автоматическом режиме произошла на 98,23 с и в ручном режиме на 60,22 с. Т.е. время на срабатывание фрикциона блокировки составило 0,87 с и 0,86 с соответственно. При этом кратковременное уменьшение частоты вращения вала двигателя составило 316 мин^{-1} за 0,78 с в автоматическом режиме и 311 мин^{-1} за 0,77 с в ручном режиме управления.

Общее время разгона машины до скорости 77,4 км/ч составило 74,39 с в автоматическом режиме и 62,6 с в ручном режиме управления.

Заключение.

Проведенный сравнительный анализ динамических характеристик изменения частот вращения коленчатых валов дизельного двигателя ЗТД-3А и выходного вала АКП, а также сигналов управления ГТ, Ф1, Ф2, Т1, Т2 и графиков $\Delta_{акп}$, $i_{ГТ}$, полученных по результатам выполнения разгона колесного бронетранспортера на ровном участке дороги в автоматическом (динамичный режим движения) и ручном режимах управления АКП показал:

1. Разгон машины до скорости 77,4 км/ч в ручном режиме управления был выполнен водителем раньше на 11,79 с чем в автоматическом.

2. В автоматическом режиме управления перед включением 3-й и 4-й передач величина $\Delta_{акп}$ принимала отрицательные значения, что свидетельствует о кратковременных замедлениях машины при выполнении разгона.

3. В автоматическом и ручном режимах управления АКП при выполнении разгона машины наблюдаются резкие кратковременные увеличения и уменьшения частоты вращения коленчатого вала двигателя, особенно при переключениях с 3-й на 4-ю и с 4-й на 5-ю передач и выполнении блокировки комплексной ГДБП на них, что свидетельствует о наличии ударных нагрузок в АКП и трансмиссии в целом.

4. При выполнении переключения передач в АКП сначала ЭБУ снимает сигналы для отключения ненужных фрикционов, а потом через 0,2 с, подает сигналы на включение следующих необходимых фрикционов. Это является причиной кратковременных резких увеличений частоты вращения коленчатых валов двигателя.

5. Сигнал на блокировку комплексной ГДБП поступает при достижении ее передаточного отношения следующих значений: 0,833 на 2-й передаче; 0,822 на 3-передаче и 0,817 на 4-й и 5-й передачах. Данные передаточные отношения комплексной ГДБП соответствуют максимальным значениям ее коэффициента полезного действия.

6. Буксование фрикционов в АКП при сблокированной комплексной ГДБП на 2-й, 3-й, 4-й, 5-й передачах не наблюдается, что свидетельствует об исправности всех фрикционов в АКП.

Выводы.

1. Для уменьшения времени разгона машины и улучшения ее разгонной характеристики в автоматическом режиме управления АКП необходимо в алгоритме работы ЭБУ заложить более ранние точки переключения со 2-й на 3-ю, с 3-й на 4-ю и с 4-й на 5-ю передач, что позволит исключить появление отрицательных ускорений при разгоне машины.

2. Из анализа включения всех передач в АКП установлено, что время срабатывания фрикционов на включение передач не превышает 0,32 с, а время отключения фрикционов не превышает 0,2 с. Поэтому для исключения кратковременных резких увеличений частоты вращения коленчатых валов двигателя при выполнении переключения передач необходимо управлять временем буксования фрикционов в моменты их включения и выключения путем введения аккумулятора давления, управления сигналом с широтно-импульсной модуляцией или другими методами. Это позволит исключить ударные нагрузки при переключении передач и увеличить ресурс работы АКП.

3. Для уменьшения величины резкого снижения частоты вращения коленчатых валов двигателя при выполнении блокировки комплексной ГДБП необходимо ЭБУ выдавать сигнал на блокировку при достижении передаточного отношения комплексной ГДБП значения 0,85 на 2-й передаче, значения 0,87 на 3-й, 4-й передачах и значения 0,9 на 5-й передаче. Это также позволит уменьшить ударные нагрузки при выполнении блокировки комплексной ГДБП.

Литература: 1. Стримовский С.В. Перспективные направления повышения тягово-скоростных и топливо-экономичных характеристик военных машин / С.В. Стримовский // *Механіка та машинобудування*. – 2012. – №2. – С 165–177. 2. Стримовский С.В. Анализ трансмиссий современных легкобронированных колесных военных машин и их влияние на параметры подвижности / С.В. Стримовский, Ю.А. Слюсаренко, В.М. Соловйов // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2014. – №3. – С. 97 – 107. 3. Стримовский С.В. Микропроцессорные системы автоматического управления гидродинамическими трансмиссиями легкобронированных колесных военных машин / С.В. Стримовский // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2012. – №4. – С. 80 – 87. 4. Безлепкин А.А. Об особенностях построения алгоритма управления гидромеханической коробкой передач многоцелевой колесной машины специального назначения / А.А. Безлепкин, В.А. Кошман, В.А. Смоляков, С.В. Стримовский, В.А. Толстоуцкий // *Механіка та машинобудування*. – 2012. – №1. – С 81–89. 5. Борисюк М.Д. Дослідження характеристик рухливості легкоброньованої колісної військової машини з гідромеханічною трансмісією / М.Д. Борисюк, В.О. Толстоуцький, С.В. Стрімівський, В.М. Соловйов // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2010. – №4. – С. 102 – 108.

Bibliography (transliterated): 1. Strimovskiy S.V. Advanced direction increase tractive, velocity and fuel-efficient characteristics military vehicles / S.V Strimovskiy // *Mehanika ta mashinobuduvannya*. – 2012. – №2. – P. 165–177. 2. Strimovskij S.V. The analysis of transmissions modern easy-armour wheel military vehicles and their influence on mobility parameters / S.V Strimovskiy, J.A. Sljusarenko, V.M. Solovjov // *Integrovani texnologii ta energozberegennia*. – 2014. – №3. – P. 97–107. 3. Strimovskij S.V. Microprocessor automatic control systems the hydrodynamical transmission on the armour light wheeled military vehicles / S.V Strimovskiy // *Integrovani texnologii ta energozberegennia*. – 2012. – №4. – P. 80–87. 4. Bezlepkin A.A. About construction features of control hydromechanical gear-box algorithm for multi-purpose wheeled special- purpose vehicle / A.A.Bezlepkin, V.A. Koshman, V.A. Smolyakov, S.V. Strimovskiy, V.A. Tolstolutskiy // *Mehanika ta mashinobuduvannya*. – 2012. – №1. – P. 81–89. 5. Borisyuk M.D. Research of mobility features for light armoured wheel military vehicles with hydromechanical transmission / M.D. Borisyuk, V.A. Tolstolutskiy, S.V. Strimovskiy, V.M. Solovjov // *Integrovani texnologii ta energozberegennia*. – 2010. – №4. – P. 102–108.

Стрімівський С.В., канд.тех.наук; Толстолуцький В.О., канд.тех.наук; Дудко В.В., Малеев И.Ю.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ АВТОМАТИЧНОЇ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ НА ЛЕГКОБРОНЬОВАНИЙ КОЛІСНІЙ ВІЙСЬКОВІЙ МАШИНІ В АВТОМАТИЧНОМУ ТА РУЧНОМУ РЕЖИМАХ УПРАВЛІННЯ

У статті виконано порівняльний аналіз динамічних характеристик зміни частоти обертання колінчастого валу дизельного двигуна ЗТД-3А і вихідного валу автоматичної коробки передач, а також сигналів управління на увімкнення фрикціонів, графіків прискорення вихідного валу коробки передач і передатного відношення комплексної гідродинамічної передачі, які отримані за результатами виконання розгону колісного бронетранспортера на рівній ділянці дороги в автоматичному та ручному режимах управління коробкою передач. Запропоновано рекомендації щодо оптимізації алгоритму роботи електронного блока управління автоматичною коробкою передач.

Strimovskiy S.V., cand. tech. sci.; Tolstolutskiy V.A., cand. tech. sci.; Dydko V.V., Maleev I.U.

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF WORK AUTOMATIC GEAR-BOX ON EASY-ARMOUR WHEELED MILITARY VEHICLE IN AUTOMATIC AND MANUAL CONTROL MODES

In article the comparative analysis dynamic performances of change the frequencies rotation a cranked shaft the diesel engine ЗТД-3А and output shaft automatic gear-box. Also the analysis of command on inclusion friction clutches, charts of acceleration the output shaft gear-box and the reduction ratio of complex hydrodynamical transfer, which are received by results of performance runaway a wheeled armored troop-carrier on even part of road in automatic and manual control modes the gear-box. Recommendations on optimization the algorithm work in electronic block control for automatic gear-box are offered.