

УДК 629.113-585.52

*Безлепкин А.А., Кошман В.А., Смоляков В.А., Стримовский С.В. канд. техн. наук;
Толстоуцкий В.А., канд. техн. наук*

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ КОРОБКОЙ ПЕРЕДАЧ МНОГОЦЕЛЕВОЙ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Введение. Несмотря на успехи в создании опытных образцов электромеханических, гибридных и вариаторных трансмиссий для транспортных колесных машин автоматизированные гидромеханические трансмиссии сохраняют свою конкурентоспособность на многоцелевых колесных машинах специального назначения. Это связано с тем, что этот тип трансмиссии надежно работает в различных дорожных и климатических условиях, обеспечивает передачу крутящего момента от двигателя к ведущим колесам без ударных нагрузок и разрыва потока мощности, прост в управлении для водителя, имеет наименьшие габаритные размеры, вес и наименьшую стоимость изготовления в сравнении с выше перечисленными типами трансмиссий. Поэтому в настоящее время для проектируемых и модернизируемых машин рассматриваемого класса разрабатываются все более совершенные конструкции автоматизированных гидромеханических трансмиссий, основой которых является гидромеханическая коробка передач с системой автоматического управления. Эффективность эксплуатации многоцелевых колесных машин специального назначения, оснащенных автоматизированными гидромеханическими трансмиссиями, а также надежность их функционирования напрямую зависят как от качества разработки и изготовления гидромеханической коробки передач, так и от характеристик примененной системы автоматического управления. Таким образом, вопросы разработки и совершенствования системы автоматического управления гидромеханической коробкой передач продолжают быть актуальными.

Анализ последних достижений и публикаций. В настоящее время все производители автоматизированных гидромеханических коробок передач для многоцелевых колесных машин специального назначения выполняют их по единой схеме [1]. В гидромеханической коробке последовательно соединены комплексная гидropередача и механическая ступенчатая планетарная коробка передач. Для управления работой гидромеханической коробкой передач применяют систему автоматического управления микропроцессорного типа (рис. 1), которая имеет также единую идеологию построения. В такой системе информация о текущем состоянии двигателя и гидромеханической коробки передач поступает от датчиков в микропроцессорный блок управления. Микропроцессорный блок управления обрабатывает эту информацию по записанному в нем алгоритму и выдаёт управляющие сигналы на исполнительные устройства. Применение системы автоматического управления микропроцессорного типа обосновано тем, что она позволяет контролировать большое количество параметров, может обеспечить выполнение закона управления с тактом до 5 мс, что позволяет решать задачу управления в темпе не ниже, чем скорость протекания управляемых процессов в гидромеханической коробке передач и поршневом двигателе внутреннего сгорания.

Основными отличиями в конструкциях разных серий автоматизированных гидромеханических коробок передач являются наличие разного количества передач для движения вперед-назад и применение разных методов построения алгоритма управления [2]. Выбор количества передач на этапе проектирования зависит от веса разрабатываемой машины, силового и кинематического диапазонов применяемого двигателя, а

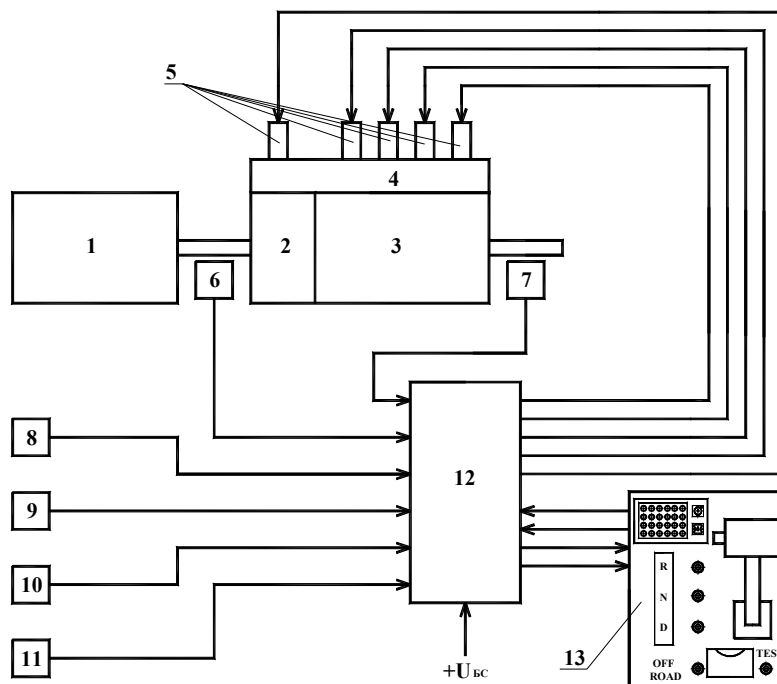


Рис. 1. Структурная схема микропроцессорной системы автоматического управления гидромеханической коробкой передач: 1 – двигатель; 2 – комплексная гидропередача; 3 – механическая ступенчатая планетарная коробка передач; 4 – гидрораспределитель; 5 – электрогидро-клапана переключения передач и блокировки комплексной гидропередачи; 6 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 7 – датчик частоты вращения выходного вала коробки передач; 8 – датчик положения педали подачи топлива; 9-датчик пережатия демпфера; 10 – датчик полного нажатия педали тормоза; 11 – датчик температуры масла комплексной гидропередачи и коробки; 12 – микропроцессорный блок управления; 13 – пульт выбора режима движения и индикации.

правильность построения алгоритма управления гидромеханической коробкой передач влияет на достижение полной реализации технических возможностей силовой установки и определяет характеристики подвижности машины в целом. Поэтому разработка и построение эффективного алгоритма управления гидромеханической коробкой передач является важной научно-технической задачей.

В направлении развития теории управления гидромеханическими коробками передач работали и продолжают работать многие ученые и конструктора. Наиболее известные из них М.А. Айзерман, В.А. Петров, О.С. Руктешель, Л.В. Крайнык, Л.Г. Красневский, М.В. Нагайцев, С.А. Харитонов, Е.Г. Юдин, F. Mathias, A. Ronaid, J. Witiiam [3, 4]. В их работах указаны необходимые информационные параметры для построения системы автоматического управления гидромеханической коробкой передач, описаны методики поиска оптимальных точек переключения передач по характеристике силовой установки в координатах скорость машины – положение педали подачи топлива и скорость машины – ускорение машины – положение педали подачи топлива, обоснованы условия выполнения блокировки-разблокировки разных видов гидропередач при разгоне машины и движении на текущей передаче на основе анализа характеристик совместной работы двигателя и соответствующей гидропередачи, отношения значений текущего расхода топлива к текущей величине коэффициента полезного действия гидропередачи. Также предложен принцип двух программного управления гидромеханической коробкой передач, который выделяет два основных режима движе-

ния транспортной машины – экономичный и динамичный. Определены критерии адаптивного выбора моментов переключения передач, которые базируются на данных ускорения транспортной машины, положения педали подачи топлива, а также скорости изменения положения педали подачи топлива. Это позволяет разрабатывать адаптивные системы автоматического управления гидромеханической коробкой передач, как к изменяющимся дорожным условиям, так и стилю вождения машины.

Однако, во всех рассмотренных работах, посвященных управлению гидромеханическими коробками передач, не уделялось внимание случаям появления циклических переключений передач между пониженной-повышенной или повышенной-пониженной передачами в моменты нажатия или отпущения педали подачи топлива. Это в свою очередь приводит к увеличению расхода топлива, снижению динамики разгона машины и уменьшению ресурса работы трансмиссии, что требует дальнейшего проведения исследований в этом направлении.

Цель и постановка задачи. Данная работа ставит своей целью определение причины возникновения циклических переключений передач во время нажатия и отпущения педали подачи топлива, и критериев в алгоритме управления гидромеханической коробкой передач, которые позволят исключить эти переключения.

Основная часть. В современных микропроцессорных системах управления гидромеханическими коробками передач алгоритм построения закона управления имеет табличную форму представления. Это связано с тем, что математически описать работу поршневого двигателя внутреннего сгорания с гидромеханической коробкой передач на транспортной машине, возможно только системой дифференциальных уравнений второго порядка [5]. Для решения этих уравнений численными методами в реальном масштабе времени с тактом решения задачи не превышающем скорость протекания управляемых процессов в поршневом двигателе внутреннего сгорания и гидромеханической коробке передач требуются дорогостоящие 32-разрядные специализированные микро-ЭВМ с тактовой частотой от 150 МГц и выше. Поэтому на практике в память микропроцессорного блока управления записывают массив эталонных значений, содержащий величины положения педали подачи топлива и соответствующие им максимально возможные частоты вращения выходного вала коробки передач. Система автоматического управления измеряет текущие значения этих величин. После чего из массива данных выбирается диапазон положения педали, в который попадает измеренная величина, и соответствующее ему значение частоты вращения выходного вала коробки передач. В результате выполняется сравнение измеренного значения частоты вращения выходного вала коробки передач с соответствующим эталонным значением. Таким образом, микропроцессорный блок управления определяет момент и направление переключения передачи. Такой подход позволяет реализовать проверку условий закона управления с тактом от 100 до 5мс посредством сравнительно недорогих 8-ми или 16-ти разрядных микроконтроллеров с тактовой частотой до 30 МГц [6].

Следует отметить, что в современных микропроцессорных блоках управления гидромеханическими коробками передач в памяти записывается несколько массивов эталонных значений положения педали подачи топлива и частоты вращения выходного вала коробки передач, которые задают экономичный, динамичный или любой промежуточный режим движения, адаптирующийся под соответствующий стиль вождения водителя. Рассмотрим подробнее один из массивов данных, входящий в состав алгоритма управления гидромеханической коробкой передач украинского бронетранспортера БТР-4Е. В таблице представлены эталонные значения частоты вращения выходного вала коробки передач при заданных диапазонах положения педали подачи топлива.

Частотная характеристика силовой установки бронетранспортера БТР-4Е

Положение педали подачи топлива		Номер передачи (j)							
		I→II	II→III	III→IV	IV→V	V→IV	IV→III	III→II	II→I
№ (i) диап.	диапазон, %	Частота вращения выходного вала коробки передач, мин ⁻¹							
1	0-30	210	475	655	915	780	560	360	120
2	30-60	260	500	850	1190	955	670	410	170
3	60-90	300	590	1045	1530	1300	865	480	215
4	90-100	330	785	1235	1700	1465	1045	655	260

В результате анализа табличных данных первым возникает замечание, связанное с большой величиной шага дискретизации положений педали подачи топлива. С одной стороны, это приводит к увеличению погрешности точности воспроизведения закона управления гидромеханической коробкой передач. С другой стороны, уменьшение шага дискретизации значительно увеличивает объем данных массивов эталонных значений, размер которых ограничивается объемом памяти микропроцессорного блока управления. Кроме того, большие размеры массивов эталонных значений приводят к увеличению времени решения задачи управления из-за необходимости выполнения большого количества выборок для сравнения. Поэтому для уменьшения погрешности точности воспроизведения закона управления гидромеханической коробкой передач контрольные значения частоты вращения выходного вала коробки передач определяют методом линейной интерполяции на основании данных, приведенных в таблице. Правильность такого подхода подтверждается тем, что нелинейная характеристика зависимости изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя от положения педали подачи топлива на отдельных участках приближается к линейно характеристике и с достаточной точностью может быть представлена кусочно-линейной кривой рис. 2.

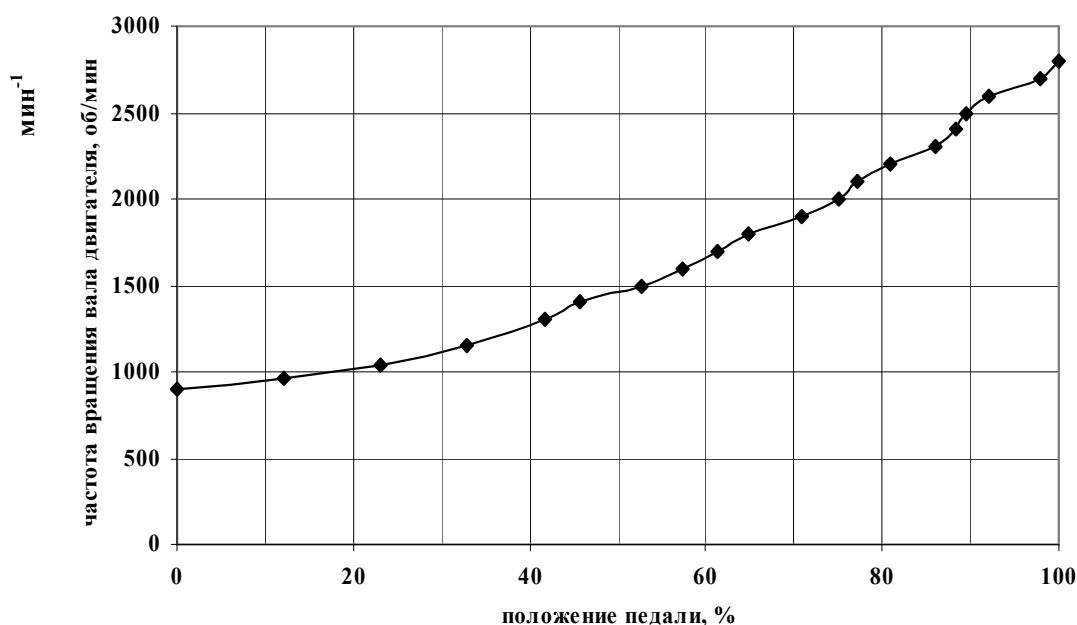


Рис.2. Зависимость частоты вращения коленчатого вала двигателя 3ТД-3 от положения педали подачи топлива

Формула определения контрольных значений частоты вращения выходного вала коробки передач имеет следующий вид [7]:

$$n_B = n(i-1, j) + \frac{[n(i, j) - n(i-1, j)] \cdot [R_{tk} - R_{tk}(i-1, j)]}{R_{tk}(i, j) - R_{tk}(i-1, j)}, \quad (1)$$

где $n_B = n(i, j)$ – вычисленное значение частоты вращения выходного вала коробки передач, соответствующее текущему положению педали подачи топлива $R_{tk}(i, j)$; i – номер диапазона положения педали [1..4]; j – номер передачи; $n(i, j)$, $n(i-1, j)$ – константы, соответствующие значениям частоты вращения выходного вала коробки передач зависящим от диапазона положения педали подачи топлива и номера текущей передачи, приведенные в таблице; $R_{tk}(i, j)$, $R_{tk}(i-1, j)$ – значения конечных границ диапазонов положения педали подачи топлива, приведенных в таблице.

Дальнейшее исследование табличного способа представления закона управления гидромеханической коробкой передач показало, что имеют место циклические переключения передач между пониженной-повышенной или повышенной-пониженной передачами во время нажатия или отпущения педали подачи топлива. Определим условия и причины их возникновения. Для этого проанализируем работу системы автоматического управления по рассматриваемому закону управления гидромеханической коробкой передач.

Предположим, колесная машина движется на III передаче со скоростью, которая соответствует 450 мин^{-1} частоты вращения выходного вала коробки передач. При этом водитель удерживает педаль подачи топлива в диапазоне №2, который соответствует области 30-60 % нажатия педали подачи топлива. В этом случае не выполняются ни условие включения IV, ни условие включения II передачи. Если водитель захочет увеличить скорость движения машины и быстро переведет педаль подачи топлива из диапазона №2 в диапазон №3, который соответствует области 60-90 % нажатия педали, то выполнится условие включения II передачи. Это произойдет из-за того, что частота вращения выходного вала коробки передач увеличится только через несколько секунд с момента перемещения педали подачи топлива из диапазона №2 в диапазон №3. Причиной такого протекания управляемых процессов в системе двигатель-трансмиссия является инерционность узлов трансмиссии и машины в целом. При этом, после включения II передачи, автоматически включится III передача, поскольку произойдет резкое увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя, которое приведет к выполнению условия включения III передачи, соответствующего диапазону №3 положения педали подачи топлива. Кроме того, возможно включение и IV передачи при новом положении педали подачи топлива.

Таким образом, получаем, что для небольшого увеличения скорости движения машины при перемещении водителем педали подачи топлива из диапазона №2 в диапазон №3 система автоматического управления может выполнить два или три переключения, одно из которых является переключением на пониженную передачу. В этом случае появление условия переключения на пониженную передачу не обосновано ни увеличением силы сопротивления движению машины, ни желанием водителя получить разгон машины с максимальным ускорением и его выполнение следует запретить. Поскольку текущие дорожные условия не предполагали включения пониженной передачи, а водитель не задавал режим разгона с максимальным ускорением и разгонять машину следует на III передаче до тех пор, пока не возникнет условие включения IV передачи. Эффект переключения на пониженную передачу при разгоне машины используется в современных микропроцессорных системах автоматического управления гидромехани-

ческими коробками передач только в случае быстрого перемещения водителем педали подачи топлива из диапазонов №1 или №2 в положение 100% нажатия педали. Он называется режимом «kick-down» и предполагает выполнение разгона машины с максимальным ускорением. Но в этом случае исключается частое циклическое переключение между передачами из-за того, что машина выполняет разгон на внешней скоростной характеристике двигателя.

Подобные условия нежелательного включения повышенной передачи происходят при отпускании педали подачи топлива. Рассмотрим их. Предположим, колесная машина движется на III передаче со скоростью, которая соответствует 700 мин^{-1} частоты вращения выходного вала коробки передач. При этом водитель удерживает педаль подачи топлива в диапазоне №2. Также в этом случае не выполняются ни условие включения IV, ни условие включения II передач. Если водитель захочет уменьшить скорость движения машины и быстро переведет педаль подачи топлива из диапазона №2 в диапазон №1, который соответствует 0-30 % нажатия педали, то выполнится условие включения IV передачи. Это происходит также в результате запаздывания уменьшения частоты вращения выходного вала коробки передач по отношению к перемещению педали подачи топлива из диапазона №2 в диапазон №1. Переключение на повышенную передачу будет длиться до тех пор, пока не уменьшится величина частоты вращения выходного вала коробки передач до контрольного значения включения III передачи, соответствующего диапазону №1 положения педали подачи топлива. В этом случае также, частота вращения выходного вала коробки передач будет продолжать уменьшаться до величины соответствующей новому положению педали подачи топлива, в результате этого возможно выполнение условия включения I передачи. Таким образом, получаем, что для снижения скорости движения машины при перемещении водителем педали подачи топлива из диапазона №2 в диапазон №1 система автоматического управления может выполнить тоже два или три переключения, одно из которых является переключением на повышенную передачу. При этом, включение IV передачи будет способствовать не снижению, а увеличению скорости движения машины, особенно если она движется под уклон. Поэтому в этом случае снижать скорость движения машины необходимо на III передаче до появления условий включения II и I передач, а выполнение условия включения IV передачи следует запретить.

Таким образом, в результате наличия инерционных масс узлов трансмиссии и транспортной машины в целом при быстром нажатии или отпускании педали подачи топлива возникают условия нежелательных циклических переключений, как между пониженной-повышенной, так и между повышенной-пониженной передачами. Исключить эти циклические переключения возможно посредством введения в алгоритм управления гидромеханической коробкой передач признаков запрета включения низших П_ЗВН или высших П_ЗВВ передач. Одним из критериев признаков П_ЗВН и П_ЗВВ является условие определения нажатия или отпускания педали подачи топлива. Если система автоматического управления гидромеханической коробкой передач определяет, что в текущий момент времени водитель выполняет нажатие или отпускание педали подачи топлива, то на это время она должна запретить включение соответственно низших или высших передач. Определить наличие перемещения педали подачи топлива и его направление возможно путем выполнения вычисления производной сигнала положения педали подачи топлива R_t и определения ее знака. Для объединения условий определения направления перемещения педали подачи топлива введем признаки отпускания П_ОПТ и нажатия П_НПТ педали подачи топлива, которые имеют следующий вид:

$$\Pi_{\text{ОПТ}} = \begin{cases} 1, & \text{если } R'_t \leq C_{\text{оп}} \\ 0, & \text{если } R'_t > C_{\text{оп}} \end{cases}, \quad \Pi_{\text{НПТ}} = \begin{cases} 1, & \text{если } R'_t \geq C_{\text{нп}} \\ 0, & \text{если } R'_t < C_{\text{нп}} \end{cases}, \quad (2)$$

где $C_{\text{оп}}$ и $C_{\text{нп}}$ – константы, которые соответственно равны $C_{\text{оп}} = -0,1 \text{ с}^{-1}$ и $C_{\text{нп}} = 0,1 \text{ с}^{-1}$; R'_t – это фильтрованное значение производной сигнала положения педали подачи топлива, которое вычисляется по формуле [7]:

$$R'_t = C_1 * R'_t(i-1) + C_2 * (R_t - R_t(i-1)), \quad (3)$$

где R'_t , $R'_t(i-1)$ – значения фильтрованной производной от сигнала R_t на текущем и предыдущем шагах вычисления; R_t , $R_t(i-1)$ – значения сигнала положения педали подачи топлива на текущем и предыдущем шагах вычисления; C_1 , C_2 – постоянные времени вычисляются по формуле:

$$C_1 = \frac{T_{\text{фр}} - \Delta h_{\text{р}}}{T_{\text{фр}}}, \quad C_2 = \frac{1}{T_{\text{фр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{фр}} = 0,25 \text{ с}$; $\Delta h_{\text{р}}$ – время такта вычислений, равное $\Delta h_{\text{р}} \leq 0,1 * T_{\text{фр}}$.

Значения производной R'_t фильтруется с целью предотвращения влияния помех на ее величину, которая получена на основе измеренных данных за время $\Delta h_{\text{р}}$. Помехи могут возникать в результате наличия самопроизвольных колебаний ноги водителя вследствие усталости или от влияния колебаний подвески колесной машины.

Как уже было сказано выше для определения признаков $\Pi_{\text{ЗВН}}$ и $\Pi_{\text{ЗВВ}}$ одного критерия определения наличия перемещения педали и его направления недостаточно. Поскольку, после того как водитель переведет педаль подачи топлива в новое положение частота вращения выходного вала коробки передач будет продолжать увеличиваться или уменьшаться некоторое время. Это время определяется суммарным моментом инерции вращающихся масс машины и величиной разности силы тяги и суммарной силы сопротивления движению. Это следует из уравнения движения транспортной машины [5]:

$$m \cdot j = P_{\text{тяги}} - \sum P_{\text{сопр}}, \quad (5)$$

где m – масса машины, кг; j – ускорение машины м/с^2 ; $P_{\text{тяги}}$ – сила тяги на ведущих колесах, Н; $\sum P_{\text{сопр}}$ – суммарная сила сопротивления движению, Н, которая включает в себя силы сопротивления качению, сопротивления подъему и аэродинамическое сопротивление.

Определить установившееся движение, разгон или ускорение машины возможно посредством вычисления ее ускорения и определения знака ускорения. Поскольку величина ускорения машины изменяется прямо пропорционально величине ускорения выходного вала коробки передач и имеет одинаковое направление, то достаточно вычислить производную сигнала частоты вращения выходного вала коробки передач по следующему соотношению [7]:

$$n_{\text{док}} = C_3 \cdot n'_{\text{док}}(i-1) + C_4 \cdot (n_{\text{док}} - n_{\text{док}}(i-1)), \quad (6)$$

где $n'_{\text{док}}$, $n'_{\text{док}}(i-1)$ – значения фильтрованной производной от частоты вращения выходного вала коробки передач на текущем и предыдущем шагах вычисления; $n_{\text{док}}$, $n_{\text{док}}(i-1)$ – значения частоты вращения выходного вала коробки передач на текущем и предыдущем шагах вычисления; C_3 , C_4 – постоянные времени вычисляются по формуле:

$$C_3 = \frac{T_{\text{фк}} - \Delta h_{\text{к}}}{T_{\text{фк}}}, \quad C_4 = \frac{1}{T_{\text{фк}}}, \quad (7)$$

где $T_{\text{фк}} = 0,25 \text{ с}$; $\Delta h_{\text{к}}$ - время такта вычислений, равное $\Delta h_{\text{к}} \leq 0,1 \cdot T_{\text{фк}}$.

Значения производной $n'_{\text{док}}$ фильтруется с целью предотвращения влияния помех на ее величину, которые возникают в результате наличия крутильных колебаний.

Таким образом, получаем общие критерии признаков П_ЗВН и П_ЗВВ:

$$\text{П_ЗВН} = \begin{cases} 1, \text{ если П_НПТ} = 1 \\ \text{и после П_НПТ} = 0 \text{ до момента, когда } n'_{\text{док}} \leq 0 \\ 0, \text{ в остальных случаях} \end{cases} \quad (8)$$
$$\text{П_ЗВВ} = \begin{cases} 1, \text{ если П_ОПТ} = 1 \\ \text{и после П_ОПТ} = 0 \text{ до момента, когда } n'_{\text{док}} \geq 0 \\ 0, \text{ в остальных случаях} \end{cases}$$

Применение этих критериев в алгоритме управления гидромеханической коробкой передач позволит исключить нежелательные циклические переключения между пониженной-повышенной и повышенной-пониженной передачами.

Выводы.

1. С целью уменьшения погрешности воспроизведения закона управления гидромеханической коробкой передач в системе автоматического управления микропроцессорного типа при построении алгоритма управления необходимо выполнять линейную интерполяцию контрольных значений табличных данных закона управления.

2. Причиной возникновения циклических переключений передач между пониженной-повышенной или повышенной-пониженной передачами в моменты нажатия или отпускания водителем педали подачи топлива является наличие инерционности узлов трансмиссии и машины в целом.

Для исключения появления циклических переключений передач в моменты нажатия и отпускания водителем педали подачи топлива в алгоритм управления гидромеханической коробкой передач введены критерии определения перемещения педали подачи топлива и его направления, а также критерии определения ускорения выходного вала коробки передач и его направления.

Литература: 1. Александров Е.Е. Перспективы применения гидромеханической трансмиссии с микропроцессорной системой управления на военных машинах / Е.Е. Александров, С.В. Стримовский // *Механіка та машинобудування*. – 2006. – №1. – С. 92–98. 2. Александров Е.Е. Выбор информационных параметров для разработки системы автоматического управления гидромеханической трансмиссией транспортного средства / Е.Е. Александров, С.В. Стримовский // *Механіка та машинобудування*. – 2007. – №1. – С. 27–35. 3. Красневский Л.Г. Управление гидромеханическими многоступенчатыми передачами мобильных машин / Л. Г. Красневский – Мн.: Наука и техника, 1990. – 256 с. 4. Крайнык Л.В. Электронные системы управления гидромеханическими передачами автомобилей / Крайнык Л.В., Вильковский Е.К., Дзядык М.Н. – М.: НИИНавтопром, 1978. – (книга в 2-х частях) – Ч. 1. 51с. 5. Борисюк М.Д. Дослідження характеристик рухливості легкоброньованої колісної військової машини з гідромеханічною трансмісією / М.Д. Борисюк, В.О. Толстоуцький, С.В. Стрیمовський, В.М. Соловійов // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2010. – №4. – С. 102 – 108. 6. Александров Е.Е. Выбор микропроцессорной техники для проектирования электронных блоков управления двигателем или трансмиссией транспортных средств / Е.Е. Александров, С.В.Стримовский //

Механіка та машинобудування. –2006. –№1. – С. 224–228. 7. Бесекерский В.А., Системы автоматического управления с микроЭВМ / В.А. Бесекерский, В.В. Изранцев. – М.: Наука, 1987 – 320с.

Bibliography (transliterated): 1. Aleksandrov E.E. Perspektivy primenenija gidromehaničeskoj transmissii s mikroprocessornoj sistemoj upravlenija na voennyh mashinah / E.E. Aleksandrov, S.V. Strimovskij // *Mehanika ta mashinobuduvannja. – 2006. – №1. – S. 92–98.* 2. Aleksandrov E.E. Vybor informacionnyh parametrov dlja razrabotki sistemy avtomatičeskogo upravlenija gidromehaničeskoj transmissiej transportnogo sredstva / E.E. Aleksandrov, S.V. Strimovskij // *Mehanika ta mashinobuduvannja. – 2007. – №1. – S 27–35. s.* 3. Krasnevskij L.G. Upravlenie gidromehaničeskimi mnogostupenčatymi peredachami mobil'nyh mashin / L. G. Krasnevskij – Mn.: Nauka i tehnika, 1990. – 256 s. 4. Krajnyk L.V. Jelektronnye sistemy upravlenija gidromehaničeskimi peredachami avtomobilej / Krajnyk L.V., Vil'kovskij E.K., Džjadyk M.N. – M.: NIINavtoprom, 1978. – (kniga v 2-h chastjah) – Ch. 1. 51 s. 5. Borisjuk M.D. Doslidzhennja harakteristik ruhivosti legkobron'ovanoj kolisnoj vijs'kovoj mashini z gidromehaničnoju transmisieju / M.D. Borisjuk, V.O. Tolstoluc'kij, S.V. Strimovskij, V.M. Solovjov // *Integrovani tehnologii ta energozberezhenija. – 2010. – №4. – S. 102 – 108.* 6. Aleksandrov E.E. Vybor mikroprocessornoj tehniki dlja proektirovanija jelektronnyh blokov upravlenija dvigatelem ili transmissiej transportnyh sredstv / E.E. Aleksandrov, S.V. Strimovskij // *Mehanika ta mashinobuduvannja. –2006. – №1. – S. 224–228.* 7. Besekerskij V.A., *Sistemy avtomatičeskogo upravlenija s mikroJeVM / V.A. Besekerskij, V.V. Izrancev. – M.: Nauka, 1987 – 320s.*

Безлепкін О.А., Кошман В.О., Смоляков В.А., Стрiмовський С.В., Толстолуцький В.О.
ПРО ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ
ГІДРОМЕХАНІЧНОЮ КОРОБКОЮ ПЕРЕДАЧ БАГАТОЦІЛЬОВОЇ
КОЛІСНОЇ МАШИНИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Проведено аналіз побудови та роботи алгоритму керування гiдромеханiчною коробкою передач у мiкропроцесорнiй системi автоматичного керування. Визначено причини та умови виникнення циклических перемикань передач пiд час натискання i вiдпускання педалi подачi палива. Запропоновано метод зменшення погрiшностi виконання закону керування гiдромеханiчною коробкою передач у мiкропроцесорнiй системi автоматичного керування та критерiї, якi дозволяють виключити циклическi перемикання передач.

Безлепкин А.А., Кошман В.А., Смоляков В.А., Стрiмовський С.В., Толстолуцький В.А.
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ
ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ КОРОБКОЙ ПЕРЕДАЧ МНОГОЦЕЛЕВОЙ
КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Проведен анализ построения и работы алгоритма управления гидромеханической коробкой передач в микропроцессорной системе автоматического управления. Определены причины и условия возникновения циклических переключений передач во время нажатия и отпущания педали подачи топлива. Предложен метод уменьшения погрешности выполнения закона управление гидромеханической коробкой передач в микропроцессорной системе автоматического управления и критерии, которые разрешают исключить циклические переключения передач.

Bezlepkin A.A., Koshman V.A., Smolyakov V.A., Strimovskiy S.V., Tolstolutskiy V.A.
ABOUT CONSTRUCTION FEATURES OF CONTROL
HYDROMECHANICAL GEAR-BOX ALGORITHM FOR
MULTI-PURPOSE WHEELED SPECIAL-PURPOSE VEHICLE

Construction and functionality of microprocessor automatic control system of hydro-mechanical gear-box was analysed. The reasons and conditions of the cycle appearance of gear turning during fuel pedal manipulations were found. The method and criteria of mistake decrease was proposed for automatic control system law, that allows to decrease the cyclic gear switching.