

УДК 631.372

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

**РАЗРАБОТКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ТРАКТОРА КЛАССА 5 С УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИМ МЕХАНИЗМОМ В ТРАНСМИССИИ**Кравченко Владимир Алексеевич  
д.т.н., профессор*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрной уни-  
верситет», г. Зерноград, Россия*

Целью работы является установление на основе аналитических и экспериментальных исследований рациональных параметров, с точки зрения получения максимальной производительности агрегата на базе трактора класса 5, системы автоматического переключения передач. Нами предложено устройство системы автоматического переключения передач, в которой в качестве входного сигнала использовано давление рабочей жидкости во пневмогидроаккумуляторе, установленного в силовую передачу трактора упругодемпфирующего механизма, эквивалентное крутящему моменту двигателя. Под задачей оптимизации следящего устройства и исполнительного механизма системы автоматического переключения передач понимается определение на основе теории автоматического регулирования рационального проходного сечения демпферного дросселя и временного запаздывания срабатывания системы для обеспечения прохождения входного сигнала с необходимой фильтрацией по частоте и фазе. В статье приведены результаты проведённых в лабораторных условиях испытаний, которые показали, что система автоматического переключения передач обеспечивает переключение передач при частоте воздействия внешней нагрузки в диапазоне от 0 до 0,24 с<sup>-1</sup>, прямые оценки качества системы автоматического переключения передач: колебательность (0), перерегулирование (0%) и время переходного процесса (2...4 с), отвечают предъявляемым к их работе требованиям. Анализ результатов, полученных при экспериментальных исследованиях, показал, что производительность машинно-тракторного пахотного агрегата с трактором-макетом класса 5, оборудованного разработанной системой автоматического переключения передач, выше на 10,6 %, а удельный расход топлива на 8,1 % ниже по сравнению с серийным вариантом

Ключевые слова: КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МАШИННО-ТРАКТОРНЫЙ АГРЕГАТ, ТРАКТОР, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ

**Doi: 10.21515/1990-4665-148-001**

UDC 631.372:001.4

05.20.01 Technology and mechanization of agriculture

**THE DEVELOPMENT AND TEST RESULTS OF AN AUTOMATIC GEAR BOX FOR A TRACTOR OF CLASS 5 WITH AN ELASTIC DAMPER MECHANISM IN TRANSMISSION**Kravchenko Vladimir Alekseevich  
Dr.Sci.Tech., professor*Azov-Black Sea engineering institute FSBHEEPT  
"Donskoy State Agrarian University", Zernograd,  
Russia*

The aim of the work is to establish rational parameters on the basis of analytical and experimental research, in terms of obtaining the maximum performance of the unit based on a class 5 tractor, an automatic gear shift system. We have proposed a device for automatic gear shifting, in which the pressure of the working fluid in the pneumatic-hydraulic accumulator installed in the power transmission of the tractor of the elastic-damping mechanism, equivalent to the engine torque, was used as an input signal. The task of optimizing the tracking device and the actuator of the automatic shift system is the definition based on the theory of automatic regulation of the rational flow cross section of the damper throttle and the time delay of the system response to ensure the input signal with the necessary filtering in frequency and phase. The study presents the results of the tests carried out under laboratory conditions, which showed that the automatic gear shift system provides gear shifting at an external load frequency in the range from 0 to 0.24 s<sup>-1</sup>, direct assessments of the quality of the automatic gear shift system: oscillation (0), overshoot (0%) and time of the transition process (2...4 s), meet the requirements for their work. The analysis of the results obtained in experimental studies showed that the productivity of the machine-tractor plowing unit with a class 5 tractor-model equipped with the developed system of automatic gear change is higher by 10.6%, and the specific fuel consumption is 8.1% lower compared to the serial version

Keywords: MACHINE-TRACTOR UNIT, TRACTOR, AUTOMATIC GEAR SHIFT SYSTEM, PERFORMANCE, FUEL EFFICIENCY

Результаты испытаний машинно-тракторных агрегатов (МТА), полученных при производстве пахотных работ, показывают, что тяговое усилие подвержено значительным колебаниям [1, 2, 3]. Поэтому производительность агрегата зависит от своевременности переключения передач. На сельскохозяйственных тракторах переключения передач производятся оператором на основе визуального наблюдения, что не отвечает рациональным режимам работы двигателя. Неправильный выбор передачи, естественно, приводит к снижению производительности МТА. Для устранения этого недостатка на тракторе в системе управления передачами требуется установка механизма автоматического переключения передач [4, 5, 6].

Система автоматического переключения передач (САПП) должна обеспечивать [4, 7] переключение передач при увеличении или уменьшении момента двигателя на величину, определяемую знаменателем ряда передаточных чисел трансмиссии трактора, исключать «звонковые переключения» передач, а также корректировать рациональную загрузку двигателя при его работе на частичных режимах. Известные в настоящее время устройства для автоматического переключения передач регистрируют загрузку двигателя по косвенному признаку (по угловой скорости вращения коленчатого вала двигателя, по положению регулирующего органа топливного насоса и т. д.) [4, 5, 6]. Результаты аналитических и экспериментальных исследований свидетельствуют о возможности создания САПП, основанной на использовании давления  $p$  рабочей жидкости в пневмогидроаккумуляторе (ПГА) упругодемпфирующего механизма (УДМ), установленного в трансмиссии трактора-макета класса 5, в качестве датчика крутящего момента двигателя [2, 3, 8, 9, 10, 11].

Нами разработана САПП для трактора со ступенчатыми силовыми передачами и УДМ в трансмиссии, структурная схема которой включает в себя матрицу передаточных функций МТА  $W_a(P)$  и характеристики составляющих элементов (рисунок 1).

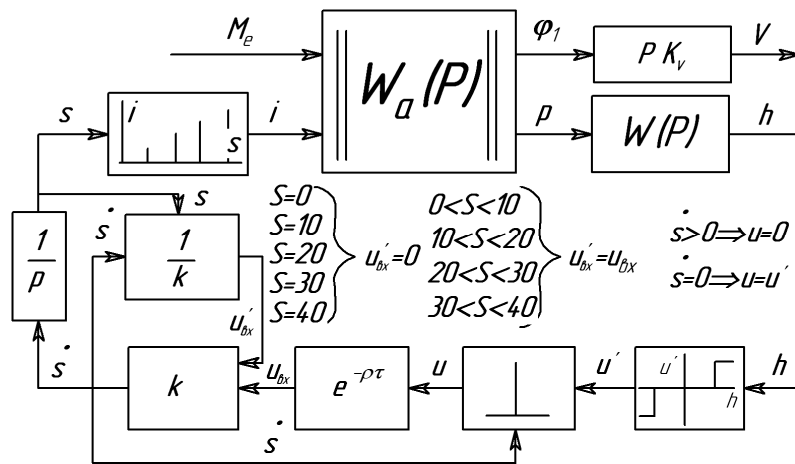


Рисунок 1 – Структурная схема МТА, оборудованного САПП

На рисунке 2 представлена схема разработанной согласно структурной схеме системы автоматического управления переключением передач в трансмиссии мобильного энергетического средства.

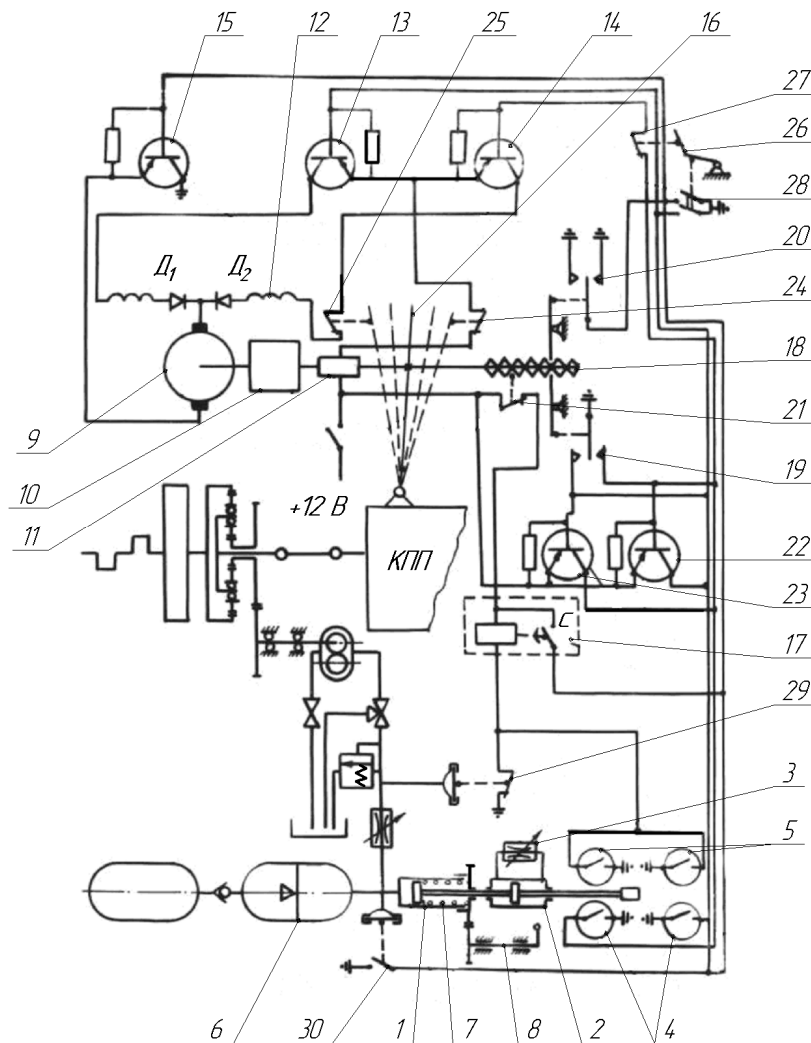


Рисунок 2 – Принципиальная схема САПП

САПП состоит из упругодемпфирующего механизма, следящего устройства, исполнительного и программного механизмов.

В упругодемпфирующий механизм входят масляный насос, связанный кинематически с солнечной шестерней планетарного редуктора, двухступенчатый дроссель, пневмогидроаккумулятор, предохранительный и аварийный клапаны и т.д. [2, 3, 8, 9, 10, 11].

К пневмогидроаккумулятору 6 трубопроводом присоединено следящее устройство 1, которое представляет собой гидроцилиндр одностороннего действия, поршень которого находится под воздействием давления рабочей жидкости и пружины 7. Усилие пружины может регулироваться в зависимости от положения педали (рычага) акселератора 8.

Поршень следящего устройства штоком соединён с демпферным устройством 2, полости которого сообщаются через регулируемый дроссель 3. Изменением величины дроссельного проходного сечения достигается регулировка нечувствительности системы к высокочастотным колебаниям загрузки двигателя. Золотник следящего устройства связан тягой с блок-контактами 4, помощью которых базы транзисторов 13 и 14 соединяются с массой для включения шунтовой обмотки на прямой и обратный ход реверсивного электродвигателя 9, служащего в качестве исполнительного механизма. На валу электродвигателя установлен винтовой редуктор 10, обеспечивающий перемещение тяги, связанной с рычагом переключения передач 16. Включение электродвигателя производится с помощью транзистора 15, управление которым осуществляется от программного реле 17. Программное реле включается с помощью контактов 5. Программное реле включается с помощью контактов 5. При остановке трактора возврат рычага передач в нейтральное положение и отключение программного реле обеспечивается с помощью контактов 27 и 28, установленных на педали, управляющей механизмом включения трансмиссии 26. Контакты 24 и 25 служат для обеспечения фиксации механизма переключения пере-

дач в предельных положениях. Для обеспечения чёткого переключения передач служат контакты 19 и 20, которые замыкаются и размыкаются выступами на рейке 18. Включение и отключение системы автоматического переключения передач осуществляется с помощью центрального тумблера. Обратная связь предназначена для обеспечения программных без случайных переключений передач, чёткой установки рычага управления передачами в необходимое положение при движении и остановке МТА. Она состоит из программного реле времени 17, связанной с рычагом 16 рейки 18, следящих контактов 19, 20 и 21, служащих для отключения реле времени 17 в процессе переключения передач. При изменении давления на величину, при которой необходим переход с одной передачи на другую, срабатывает датчик и замыкаются контакты 4 и 5, поэтому включаются транзисторы 13 или 14 и программное реле 17. Через определённое время включится транзистор 15, и двигатель 9 осуществит переключение на низшую или высшую передачу. При случайных и кратковременных изменениях нагрузки САПП не срабатывает.

Правильная работа САПП во многом зависит от выбранных параметров следящего устройства и, особенно, сечения дросселя 3.

Под задачей оптимизации следящего устройства САПП понимается подбор проходного сечения демпферного дросселя с целью обеспечения прохождения входного сигнала (крутящий момент двигателя) с рациональной фильтрацией по частоте и фазе [12]. Тогда перемещение золотника  $\varphi$  следящего устройства будет его выходным параметром.

При производстве сельскохозяйственных работ крюковая нагрузка  $M_c$ , а также крутящий момент двигателя, изменяются по случайному стационарному закону [1, 2, 3, 12, 13]. Если спектральная плотность нагрузки как стационарной случайной функции есть  $S(\omega)$ , то спектральная плотность входного сигнала системы  $S_M(\omega)$  определится выражением [12]:

$$S_M(\omega) = |W_{M_c}^M(j\omega)|^2 \cdot S(\omega),$$

где  $|W_{M_c}^P(j\omega)|$  – модуль передаточной функции (нижний индекс – входная величина, верхний выходная), определяемой по математической модели агрегата [1, 9, 10].

Основная роль в формировании управляющего сигнала САПП принадлежит датчику, который должен обеспечивать определённую полосу пропускания низких частот входного сигнала  $M_c$  и выдавать выходную величину  $\varphi$  с запаздыванием по времени  $\tau$ . В результате этого будет исключено частое срабатывание исполнительного механизма при высокочастотных колебаниях крюкового усилия и при скачкообразном изменении крутящего момента двигателя во время перехода с одной передачи на другую, а также при кратковременных перегрузках двигатель сможет некоторое время работать на корректорном режиме.

Таким образом, датчик считаем линейной системой, на вход которой поступает случайный сигнал со спектральной плотностью  $S_M(\omega)$ .

Структура датчика состоит из двух звеньев. Для ограничения полосы пропускания частот первое звено должно обеспечить необходимую связь входного сигнала, который характеризуется спектральной плотностью  $S_M(\omega)$ , с выходным сигналом со спектральной плотностью  $S'_\varphi(\omega)$ . Второе звено необходимо для обеспечения временного запаздывания  $\tau$ .

Спектральную плотность  $S'_\varphi(\omega)$  можно представить так [12]:

$$S'_\varphi(\omega) = |W_1(j\omega)|^2 \cdot S_M(\omega), \quad (1)$$

где  $|W_1(j\omega)|$  – модуль искомой передаточной функции первого звена.

Установлено [2, 3, 9, 10, 11], что спектральная плотность момента двигателя (давления рабочей жидкости в пневмогидроаккумуляторе УДМ) можно аппроксимировать следующей зависимостью (рисунок 3):

$$S_M(\omega) = \frac{b^2}{(\omega^2 + \beta_1^2) \cdot (\omega^2 + \beta_2^2)}. \quad (2)$$

———— крутящий момент двигателя;  
 ----- частотная характеристика следящего устройства (желаемая)

Рисунок 3 – Нормированные спектральные плотности

Спектральную плотность выходного сигнала первого звена можно записать так:

$$S'_\varphi(\omega) = \frac{a^2}{(\omega^2 + \gamma_1^2) \cdot (\omega^2 + \gamma_2^2)}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов  $a$ ,  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  необходимо выбирать из условия обеспечения распределения дисперсий выходного сигнала первого звена по частотам в рабочей полосе ( $0 \dots 1,5 \text{ с}^{-1}$ ) примерно постоянным, а при  $\omega > 1,5 \text{ с}^{-1}$  –  $S'_\varphi(\omega) \cong 0$ .

На основании (1), (2), (3) следует:

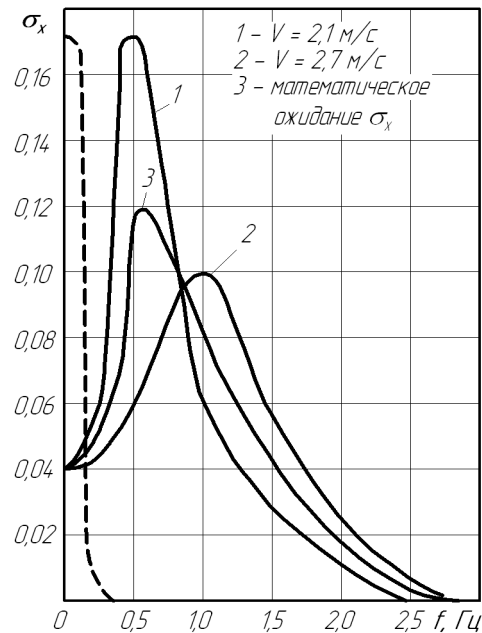
$$|W_1(j\omega)|^2 = \frac{a^2}{b^2} \cdot \frac{(\omega^2 + \beta_1^2) \cdot (\omega^2 + \beta_2^2)}{(\omega^2 + \gamma_1^2) \cdot (\omega^2 + \gamma_2^2)}.$$

После проведения несложных преобразований получим:

$$W_1(p) = \frac{a}{b} \cdot \frac{p^2 + (\beta_1 + \beta_2) \cdot p + \beta_1 \cdot \beta_2}{p^2 + (\gamma_1 + \gamma_2) \cdot p + \gamma_1 \cdot \gamma_2}.$$

Для второго звена, обеспечивающего временное запаздывание  $\tau$ , передаточную функцию запишем в виде  $W_2(p) = e^{-p\tau}$ .

Для её физической реализации простыми типовыми звеньями приведём выражение (3) к такому виду [12]:



$$S'_\varphi(p) = \frac{a^2}{(p^2 - \gamma_1^2) \cdot (p^2 - \gamma_2^2)}.$$

Если разделить на два составляющих множителя, у которых полюсы и нули расположены в различных полуплоскостях комплексной плоскости, получим:

$$S'_\varphi(p) = S_\varphi^+(p) \cdot S_\varphi^-(p),$$

где  $S_\varphi^+(p) = \frac{a}{(p + \gamma_1) \cdot (p + \gamma_2)}, \quad S_\varphi^-(p) = \frac{a}{(p - \gamma_1) \cdot (p - \gamma_2)}.$

При дальнейших расчётах определим передаточные функции первой и второй частей устройства, обеспечивающего запаздывание.

Первая часть опишется уравнением

$$W_2^1(p) = \frac{1}{S_\varphi^+(p)} = \frac{(p + \gamma_1) \cdot (p + \gamma_2)}{a}.$$

Передаточную функцию второй части устройства определим на основе физически реализуемой рациональной импульсной переходной функции  $q_2(t)$ , которую можно получить, применив для множителя  $S_\varphi^-(p)$  обратное преобразование Лапласа:

$$q_2(t)_{\text{онм}} = \left\{ \begin{array}{ll} q & \text{при } t \leq \tau \\ m \cdot [e^{-\gamma(t-\tau)} - n \cdot e^{-\gamma'(t-\tau)}] & \text{при } t \geq \tau \end{array} \right\}.$$

Для физической реализации  $q_2(t)_{\text{онм}}$  типовыми звеньями принимаем приближение

$$q_2(t) = k \cdot t^3 \cdot e^{-\lambda t}.$$

Выполнив прямое преобразование Лапласа, получим

$$W_2''(p) = \frac{k}{(p + \lambda)^4}$$

Так как передаточную функцию  $W_2(p)$  запаздывающего устройства можно представить в виде произведения  $W_2^1(p)$  и  $W_2''(p)$ , после несложных преобразований получим:



$$W_2(p) = \frac{K \cdot (p + \gamma_1) \cdot (p + \gamma_2)}{a \cdot (p + \lambda)^4}.$$

Следовательно, передаточная функция датчика следящего устройства после некоторых упрощений запишется так:

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cong \frac{K_1}{p^2 + D_1 \cdot p + D_2}. \quad (4)$$

Методика расчёта параметров остальных звеньев системы автоматического переключения передач более проста.

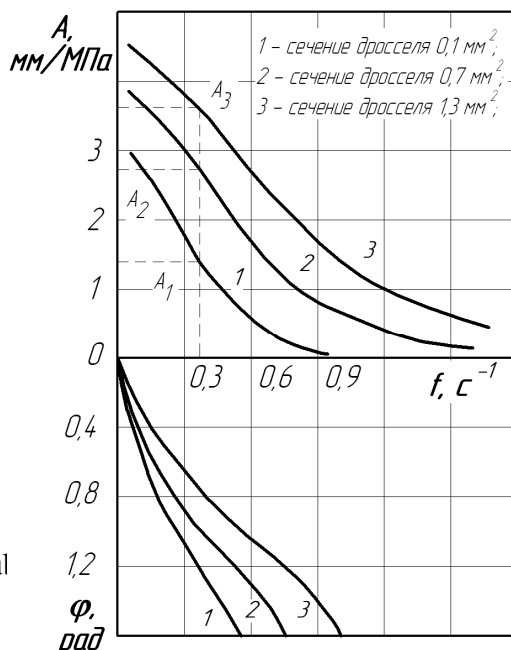
Зону нечувствительности релейного элемента вычислим на основании заданных пределов эксплуатационной загрузки двигателя при установившейся скорости движения агрегата. Коэффициент усиления исполнительного механизма определится по времени быстрого действия  $\tau = 0,15 \dots 0,25$  с. Характеристики импульсного элемента и программного реле обусловлены конструкцией коробки передач трактора.

Таким образом, расчёт САПП передач по предложенной методике обеспечит рациональный выбор её параметров.

Коэффициенты, входящие в передаточную функцию следящего устройства, можно определить по результатам натурных испытаний трактора и на основании этого выбрать параметры следящего устройства таким образом, чтобы обеспечить его передаточную функцию, соответствующую выражению (4).

В результате натурных испытаний получены амплитудные и фазовые

ча-  
щего  
лены



стотные характеристики следящего устройства, которые представлены на рисунке 4.

Рисунок 4 – Амплитудные и фазовые частотные характеристики следящего устройства

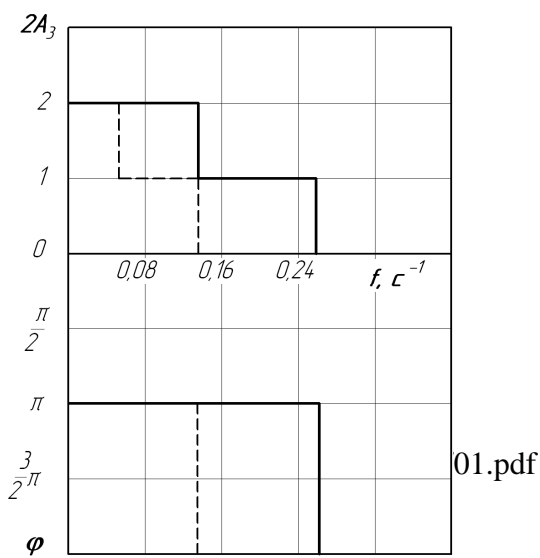
Частотные характеристики показывают, что с увеличением частоты вынужденных колебаний амплитуда колебаний плунжера снижается, а сдвиг по фазе перемещений плунжера относительно входного сигнала (крутящего момента) возрастает. Эта закономерность особенно проявляется при меньшем сечении входного дросселя и большем демпфировании. При исследовании частотных характеристик проектируемого следящего устройства было принято, что амплитуда крутящего момента двигателя  $A_M$  при колебаниях тяговой нагрузки, соответствующая условию переключения передач, известна. Задавшись приемлемой зоной частот ( $f = 0 \dots 0,24 \text{ с}^{-1}$ ), в пределах которой это переключение должно происходить, определяем амплитуду перемещений плунжера  $A_h$ . Если верхний предел частоты в указанной зоне составляет  $f_1$ , то из амплитудной частотной характеристики следует, что разным входным проходным сечениям дросселя и демпфированию соответствует разное значение относительной  $A_1, A_2, A_3$  и, следовательно, абсолютной амплитуды перемещений плунжера

$$A_{h1} = A_1 \cdot A_M, \quad A_{h2} = A_2 \cdot A_M, \quad A_{h3} = A_3 \cdot A_M.$$

Тогда из возможных сечений дросселя демпфера необходимо выбрать такой, чтобы амплитуда была равна тому значению, при котором происходит замыкание контактов системы. При этом определится величина сдвига по фазе и время запаздывания  $\tau$  сигнала, при которых обеспечи-

вается кратковременная работа двигателя на корректорном режиме в момент повышения нагрузки, то есть при переходе с высшей передачи на низшую, что приведёт, как известно, к увеличению производительности МТА. Негативное влияние запаздывания сигнала на производительность агрегата при снижении тяговой нагрузки, когда необходимо перейти на высшую передачу, устранимо с помощью смещения рабочей зоны двигателя  $\Delta M$ . То есть, можно обеспечить прохождение входного сигнала с близкой по оптимальному значению фильтрацией по частоте и фазе подбором проходного сечения демпферного дросселя. Фильтрация частот внешнего воздействия совместно с запаздыванием  $\tau$  исключает срабатывание САПП при случайных импульсах нагрузки на двигатель при работе и в момент переключения передач.

Качественные показатели САПП в целом при изменении внешней нагрузки необходимо оценивать по амплитудно-фазовым частотным характеристикам перемещения рычага переключения передач коробки трактора. Рычаг переключения передач коробки трактора может занимать только фиксированные положения, поэтому его амплитудная частотная характеристика представляет собой ломанную кривую, а фазовая – прямую, означающую сдвиг по фазе, равный  $\pi$  (рисунок 5). Последнее объясняется запаздыванием по времени, которое обеспечивает следящее устройство и реле времени.



### Рисунок 5 – Амплитудные и фазовые частотные характеристики САПП

Анализ амплитудно-фазовых частотных характеристик САПП показал, что при колебаниях крюкового усилия с частотами, превышающими  $f = 0,25 \text{ с}^{-1}$ , переключение передач не происходит. При вынужденных колебаниях с частотой  $f = 0,125 \dots 0,25 \text{ с}^{-1}$  происходит переключение на одну смежную передачу ( $2A_3 = 1$ ), а при частотах  $f \leq 0,125 \text{ с}^{-1}$  – на две смежные передачи ( $2A_3 = 2$ ). Такая характеристика, обеспечивающая срабатывания САПП только при низких частотах колебаний внешней нагрузки, вполне удовлетворяет требованиям эксплуатации.

В низкочастотной области колебаний внешней нагрузки переключение передач будет происходить, если изменение момента двигателя будут удовлетворять условию  $\Delta M = M_K \cdot (1 - q)$ . Вследствие сдвига в рабочей зоне фазовой частотной характеристики процесс переключения передач запаздывает относительно изменения нагрузки на 2,4...2,6 с, что также способствует повышению производительности МТА.

Результаты проведённых в лабораторных условиях испытаний показали, что САПП обеспечивает переключение передач при частоте воздействия внешней нагрузки в диапазоне от 0 до  $0,24 \text{ с}^{-1}$ , а прямые оценки ка-

чества САПП: колебательность (0), перерегулирование (0%) и время переходного процесса (2...4 с), отвечают предъявляемым к их работе требованиям.

Оценка показателей пахотного МТА с УДМ в силовой передаче трактора класса 5 и САПП проводилась с помощью контрольных смен. На основе анализа полученных результатов которых было установлено, что максимальная производительность при минимуме удельного расхода топлива пахотного агрегата обеспечивается при чувствительности САПП в пределах  $f = 0,100 \dots 0,125$  Гц. При других настройках САПП эксплуатационные показатели МТА существенно ниже, так как при чувствительности САПП  $f > 0,125$  увеличивается частота переключений передач, что приводит к уменьшению средней рабочей скорости МТА, а при  $f < 0,100$  существенно недоиспользуется тяговая мощность трактора.

Анализ результатов, полученных при аналитических и экспериментальных исследованиях, показал, что производительность пахотного МТА с трактором-макетом класса 5, оборудованного разработанными УДМ и САПП, выше на 10,6 %, а удельный расход топлива на 8,1 % ниже по сравнению с серийным вариантом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко, В.А. Математическое моделирование тяговой нагрузки / В.А. Кравченко, В.В. Дурягина, И.Э. Гамolina // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 101. – С. 424...437.
2. Кравченко, В.А. Транспорт в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / В.А. Кравченко. – зерноград: АЧГАА, 2003. – 320 с.
3. Кравченко, В.А. Влияние упругодемпфирующего механизма на показатели пахотного агрегата на базе трактора класса 1,4 / В.А. Кравченко, В.В. Дурягина // Вестник аграрной науки Дона, 2015. – Т.3. – № 31. – С. 13...21.
4. Иофинов, С.А. Автоматическая система выбора оптимальных скоростных режимов трактора «Кировец» / С.А. Иофинов, М.М. Арановский, В.З. Фурсов и др. // Тракторы и сельхозмашины, 1978. – № 6. – С. 7...9.
5. Gawendwicz, M. Zur automatischen Lennung möbiler landwirtschaftlicher Aggregate mit grossen Arbeitsbreiten und gewschwindigkeit / M. Gawendwicz // Agrartechnik. –

1980. – Jg. 30. – № 3. – S. 101...103.

6. Kollar, L. Grunde und Moglichkeiten für automatische Lengung mobiller Landwirtschaftlicher Aggregate. / L. Kollar // Agrartechnik. – 1980. – Jg. 30. – № 3. – S. 95...98.

7. Основы теории автотракторных двигателей / Ю.А. Ганькин, М.Ю. Карелина, В.А. Кравченко, В.Г. Яровой. – М. Издательство РГАЗУ, 1997. – 304 с.

8. Патент 2398147, Российская Федерация, МПК F 16H 47/04. Устройство для снижения жёсткости трансмиссии машинно-тракторных агрегатов / В.А. Кравченко, А.А. Сенькевич, С.Е. Сенькевич, Д.А. Гончаров, В.В. Дурягина; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО АЧГАА. – № 2008153010; заявл. 31.12.2008 // Изобретения. Полезные модели. – 2010. – № 24.

9. Кравченко, В.А. Упругодемпфирующий механизм в трансмиссии трактора / В.А. Кравченко, Д.А. Гончаров, В.В. Дурягина // Сельский механизатор. 2008. – № 11. – С. 40...41.

10. Кравченко, В.А. Показатели машинно-тракторных агрегатов с упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии трактора класса 1,4 / В.А. Кравченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. – № 8. – С. 6.

11. Кравченко, В.А. Повышение эксплуатационных показателей машинно-тракторных агрегатов путём установки упругодемпфирующего механизма в трансмиссию трактора / В.А. Кравченко // Проблемы развития АПК региона. Научно-практический журнал Дагестанского государственного аграрного университета имени М.М. Джамбулатова. – Махачкала, 2016. – С. 169...174.

12. Трансклер, Дж. Синтез систем автоматического регулирования / Дж. Трансклер. – Москва: Машгиз, 1959. – 614 с.

13. Кравченко, В.А. Математическая модель машинно-тракторного агрегата с УДМ в трансмиссии трактора / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко, В.В. Серёгина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 103. – С. 251...261.

#### References

1. Kravchenko, V.A. Matematicheskoe modelirovanie tyagovoj nagruzki / V.A. Kravchenko, V.V. Duryagina, I.E. Gamolina // Politematicheskij setevoy e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta (Nauchny`j zhurnal KubGAU) [E`lektronny`j resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 101. – S. 424...437.

2. Kravchenko, V.A. Transport v sel'skoxozyajstvennom proizvodstve: uchebnoe posobie / V.A. Kravchenko. – Zernograd: AChGAA, 2003. – 320 s.

3. Kravchenko, V.A. Vliyanie uprugodempfiruyushhego mexanizma na pokazateli paxotnogo agregata na baze traktora klassa 1,4 / V.A. Kravchenko, V.V. Duryagina // Vestnik agrarnoj nauki Dona, 2015. – T.3. – № 31. – S. 13...21.4. Iofinov, S.A. Avtomaticheskaya sistema vybora optimal'nyh skorostnyh rezhimov traktora «Kirovec» / S.A. Iofinov, M.M. Aranovskij, V.Z. Fursov i dr. // Traktory i sel'hozmashiny, 1978. – № 6. – S. 7...9.

5. Gawendwicz, M. Zur automatischen Lengung möbiler landwirtschaftlicher Aggregate mit grossen Arbeitsbreiten und gewschwindigkeiten / M. Gawendwicz // Agrartechnik. – 1980. – Jg. 30. – № 3. – S. 101...103.

6. Kollar, L. Grunde und Moglichkeiten für automatische Lengung mobiller Landwirtschaftlicher Aggregate. / L. Kollar // Agrartechnik. – 1980. – Jg. 30. – № 3. – S. 95...98.

7. Osnovy teorii avtotraktornyh dvigatelej / Yu.A. Gan'kin, M.Yu. Karelina, V.A. Kravchenko, V.G. Yarovoj. – M. Izdatel'stvo RGAZU, 1997. – 304 s.

8. Patent 2398147, Rossiyskaya Federatsiya, MPK F 16N 47/04. Ustroystvo dlya snizheniya zhëstkosti transmissii mashinno-traktornykh agregatov / V.A. Kravchenko, A.A. Sen'kevich, S.E. Sen'kevich, D.A. Goncharov, V.V. Duryagina; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO ACHGAA. – № 2008153010; zayavl. 31.12.2008 // Izobreteniya. Poleznyye modeli. – 2010. – № 24.

9. Kravchenko, V.A. Uprugodempfiruyushchiy mekhanizm v transmissii traktora / V.A. Kravchenko, D.A. Goncharov, V.V. Duryagina // Sel'skiy mekhanizator. 2008. – № 11. – S. 40...41.

10. Kravchenko, V.A. Pokazateli mashinno-traktornykh agregatov s uprugodempfiruyushchim mekhanizmom v transmissii traktora klassa 1,4 / V.A. Kravchenko // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. 2008. – №8. – S. 6.

11. Kravchenko, V.A. Povyschenie ekspluatsionnykh pokazatelej mashinno-traktornykh agregatov putyom ustanovki uprugodempfiruyushchego mekhanizma v transmissiyu traktora / V.A. Kravchenko // Problemy razvitiya APK regiona. Nauchno-prakticheskij zhurnal Dagestanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni M.M. Dzhambulatova. – Mahachkala, 2016. – S. 169...174.

12. Transkler, Dzh. Sintez sistem avtomaticheskogo regulirovaniya / Dzh. Transkler. – Moskva: Mashgiz, 1959. – 614 s.

13. Kravchenko, V.A. Matematicheskaya model' mashinno-traktornogo agregata s UDM v transmissii traktora / V.A. Kravchenko, L.V. Kravchenko, V.V. Seryogina // Politema-ticheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 103. – S. 251...261.