

лебаний динамического момента РКМ:

$$\text{РКМ} = \text{РК} (r_0 \cdot M / i_{\text{тр}}).$$

Однако более предпочтительное использование первой характеристики объясняется наличием методики объективной оценки плавности движения автопоезда на переходных режимах. Кроме того, указанная оценка инварианта по отношению к массе автопоезда и дорожным условиям, что обеспечивает сравнимость результатов.

Использование в качестве оценки какого-либо показателя или группы показателей определяется целью исследования.

Так, при изучении влияния темпа включения сцепления при трогании автопоезда с места на нагруженность звеньев трансмиссии в качестве оценочных показателей исследователи выбирают работу буксования L сцепления и максимальный динамический момент в трансмиссии M_{max} . Для получения требуемой долговечности дисков сцепления в ряде работ произведен комплексный анализ воздействия таких факторов, как масса агрегата, моменты инерции вращающихся масс, дорожных условий на величину работы буксования L сцепления с учетом максимального значения мощности буксования N . При оценке нагруженности сцепления определяют удельную работу буксования $L_{\text{уд}}$ при трогании автомобиля с места и повышение температуры при нагреве ве-

дущего диска за одно включение.

С другой стороны, работа электропневматического привода в составе системы автоматического управления сцеплением имеет ряд особенностей. Это связано с реализацией импульсного способа управления исполнительным механизмом сцепления, что приводит к дискретному изменению выходной величины привода сцепления. Указанные особенности оказывают влияние на функционирование агрегатов трансмиссии и автопоезда в целом. Так, при чрезмерно увеличенном пороге регулирования электропневмопривода сцепления возможны значительные рывки при трогании автопоезда с места. Поэтому при проектировании системы автоматического управления сцеплением, включающей в свой состав электропневматический привод, влияние специфики функционирования данного привода предпочтительно оценивать по критерию плавности трогания автопоезда с места J , выраженному в джерках.

Таким образом, работу системы автоматического управления сцеплением для поставленных целей исследования необходимо оценивать двумя критериями: работой буксования L и величиной размаха колебаний первой производной продольного ускорения РКJ .

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЕМ

Проведение экспериментальных исследований работы сцепления с системой автоматического управления в составе силового агрегата автопоезда производились в следующем порядке.

Осуществлялся запуск двигателя и после достижения рабочих значений температуры охлаждающей жидкости и давления воздуха в пневмосистеме стенда, включались управляющий и измерительный комплексы. Осуществлялась балансировка датчиков, проверка контрольных сигналов, расположение лучей на экране осциллографа и запись нулевых линий регистрируемых процессов. После включения управляющего комплекса осуществлялось выключение сцепления. Оператор с пульта управляющего комплекса стенда включал вторую передачу в основной КП и нижний диапазон демультипликатора. Затем производился запуск светолучевого осциллографа, по-

сле чего оператор плавно нажимал на педаль управления двигателем, имитируя переходный процесс трогания с места.

Результаты стендовых испытаний представлены в виде осциллограмм на рис. 1. Здесь отражены следующие процессы: состояние концевого выключателя сцепления (2), угловые скорости ω коленчатого вала двигателя (3), первичного вала КП (4), выходного вала КП (5), крутящий момент M на выходном валу КП (6), перемещение педали управления двигателем α_d (7) и давление P в рабочей полости цилиндра управления (8). Базовая линия обозначена цифрой 1. При нажатии оператором на педаль управления двигателем угловая скорость коленчатого вала двигателя возрастает, давление в рабочей полости ИЦ начинает уменьшаться. Возрастает передаваемый сцеплением крутящий момент. При достижении давления

$P = 0,4 P_{\max}$ отключается концевой выключатель (ступенька луча 2). Процесс буксования сцепления заканчивается при равенстве угловых скоростей коленчатого вала двигателя и первичного вала КП.

Характер изменения крутящего момента, угловой скорости коленчатого вала двигателя и давления в рабочей полости силового цилиндра сцепления позволяет сделать вывод о достаточно плавном протекании переходного процесса. Время данного процесса составляет $t_n = 2,6$ с. При изменении темпа автоматического включения сцепления в пределах $t_n = 1,8 \dots 3,0$ с характер изменения указанных параметров качественно не изменяется.

рожным испытаниям.

Дорожные испытания системы автоматического управления сцепления осуществлялись по следующей методике:

1. Производится прогрев двигателя, а также измерительной и регистрирующей аппаратуры в течение 20 ... 30 минут. Осуществляется балансировка датчиков, проверка контрольных сигналов, расположение лучей на экране осциллографа и запись нулевых линий регистрируемых процессов.

2. Включается электронный блок управления сцеплением.

3. Педаль управления двигателем полностью отпускается. Угловая скорость коленчатого вала

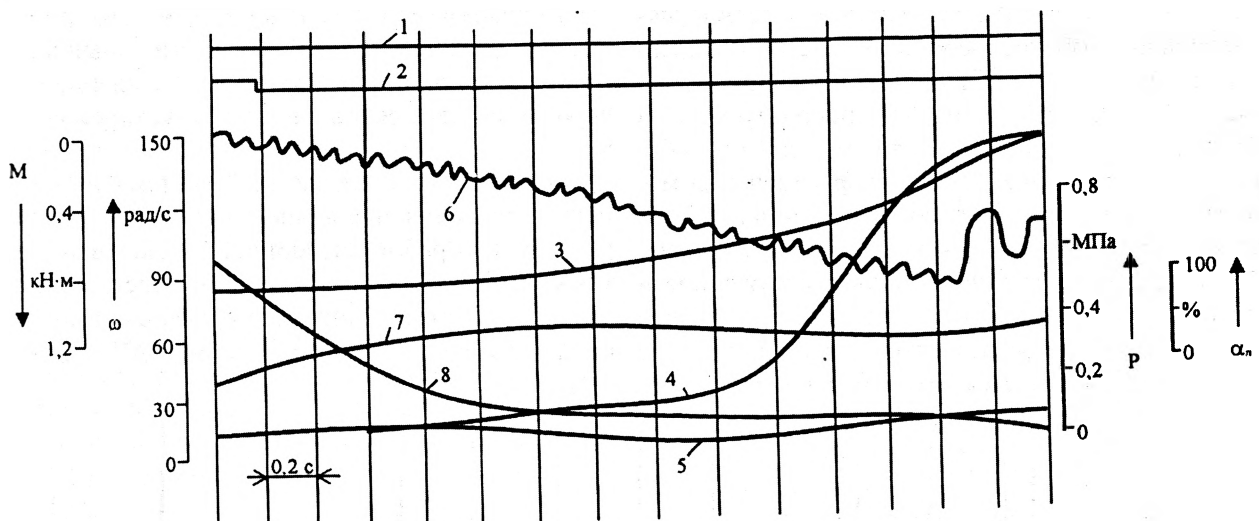


Рис. 1. Осциллограмма переходного процесса в трансмиссии при автоматическом включении сцепления

Важной задачей экспериментальных исследований является определение максимально допустимой величины отклонения давления в рабочей полости исполнительного цилиндра сцепления ΔP_m из условия сохранения функциональной работоспособности системы. Однако в стендовых условиях оценить допустимое изменение углового ускорения маховика, эквивалентного поступательно движущейся массе автопоезда, довольно сложно. Поэтому дальнейшие испытания осуществляются в дорожных условиях.

Результаты стендовых испытаний системы автоматического управления сцеплением позволили сделать следующие выводы:

- система в целом и отдельные ее элементы функционально работоспособны;
- последовательность выполнения команд управления соответствует разработанному алгоритму;
- макетный образец системы подготовлен к до-

двигателя, определяемая по тахометру, не должна превышать $\omega_d = 80$ рад/с. При невыполнении данного условия отрегулировать обороты холостого хода. Сцепление полностью выключено. Контроль за состоянием сцепления осуществляется по индикатору на щитке прибора.

4. Включается вторая передача в основной КП, для чего контроллер устанавливается в положение II.

5. Включается нижний диапазон демультипликатора, для чего переключатель диапазонов, установленный на щетке приборов, устанавливается в нижнее положение.

6. Включается система измерений.

7. Осуществляется трогание автопоезда с места путем плавного нажатия на педаль управления двигателем. Угловая скорость коленчатого вала двигателя должна плавно повышаться. Темп трогания автопоезда с места должен зависеть от интенсивности нажатия на педаль управления дви-

гателем. В процессе трогания с места должны быть исключены рывки и дергания автопоезда. Контрольные приборы на щитке водителя не должны сигнализировать о возникновении аварийного режима. Расход воздуха из системы питания не должен превышать допустимый.

8. По достижении приемлемой скорости движения автопоезда отпускается педаль управления двигателем. Сцепление полностью размыкается.

9. Выключается система измерений. Производится проверка работы датчиков, снятие тарифовочных характеристик.

10. После установки клапанов с другими характеристиками в привод сцепления пункты 3 ... 9 повторяются.

При $\Delta P_m > 0,28$ МПа происходит потеря функциональной работоспособности системы управления. Это связано с высокой инерционностью электромагнитных клапанов, используемых в приводе сцепления. Работа таких клапанов обуславливает ступенчатый характер изменения момента сцепления, что приводит к возникновению колебаний динамических моментов в трансмиссии автопоезда. Кроме высокой нагруженности звеньев трансмиссии, здесь наблюдается резкое ухудшение плавности разгона автопоезда. При этом не обеспечивается сохранность перевозимо-

го груза, снижается комфортность движения.

На рис. 2. показана осциллограмма процесса включения сцепления. Рассматриваемый процесс осуществлен по разработанной методике дорожных испытаний. В приводе сцепления использовались электромагнитные клапаны типа РС-330. Здесь приняты следующие обозначения: 1 – крутящий момент M на полуоси, 2 – показания датчика ускорения J . Как видно из осциллограмм, при использовании данных клапанов в приводе не обеспечивается требуемая плавность включения сцепления, $J = 3,8$ g/c.

Для проверки адекватности разработанных математических моделей проводилось сравнение результатов аналитических и экспериментальных исследований, которое показало, что погрешности определения угловой скорости коленчатого вала двигателя не превышает 8 %, давление в силовом цилиндре сцепления – 7 %, ускорения – 14 %.

В ходе дорожных испытаний система электронного управления сцеплением показала удовлетворительную работоспособность. Подтверждено также предположение о необходимости использования электромагнитных клапанов высокого быстродействия, обеспечивающее $\Delta P_m < 0,28$ МПа.

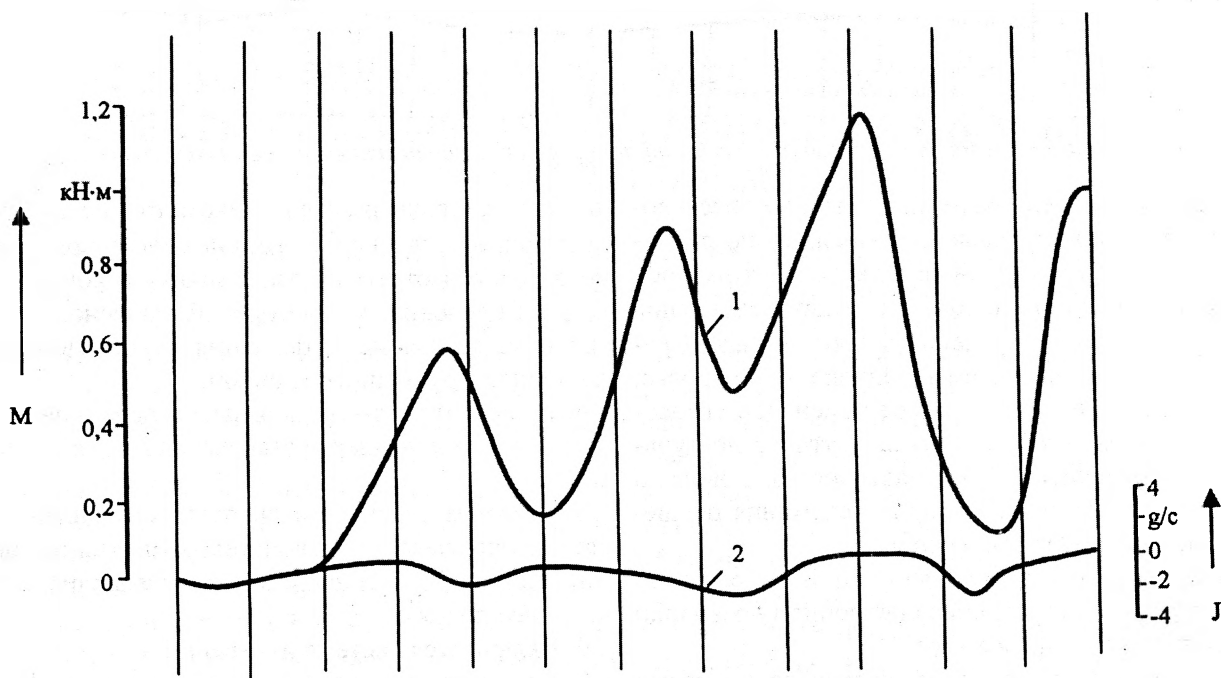


Рис. 2. Осциллограмма переходного процесса включения сцепления при использовании электромагнитных клапанов типа РС-330 в приводе