

УДК 629.331

АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ, ПЕРЕКЛЮЧАЕМАЯ ПОД НАГРУЗКОЙ

Л.А. Румянцев, инж. / ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»

Все современные автоматические коробки передач автомобилей высокой проходимости (4x4) содержат гидротрансформатор и планетарный ступенчатый редуктор.

Гидротрансформатор является идеальным узлом для осуществления трогания автомобиля с места и выполнения первого этапа разгона автомобиля. После этого гидротрансформатор блокируется фрикционной муфтой из-за значительных потерь мощности. Практически

все дальнейшее движение автомобиля с переключением ступеней в коробке передач осуществляется при заблокированном гидротрансформаторе. Следовательно, процент рационального использования гидротрансформатора мал. При КПД гидротрансформатора, равном 80%,

его коэффициент трансформации не превышает $k = 1,34$. По мере увеличения скорости автомобиля у гидротрансформатора коэффициент трансформации снижается, поэтому гидротрансформатор не может выполнять функцию делителя между ступенями коробки передач.

Для работы гидротрансформатора требуется специальная система гидроуправления, обеспечивающая заданное давление в гидротрансформаторе и расход

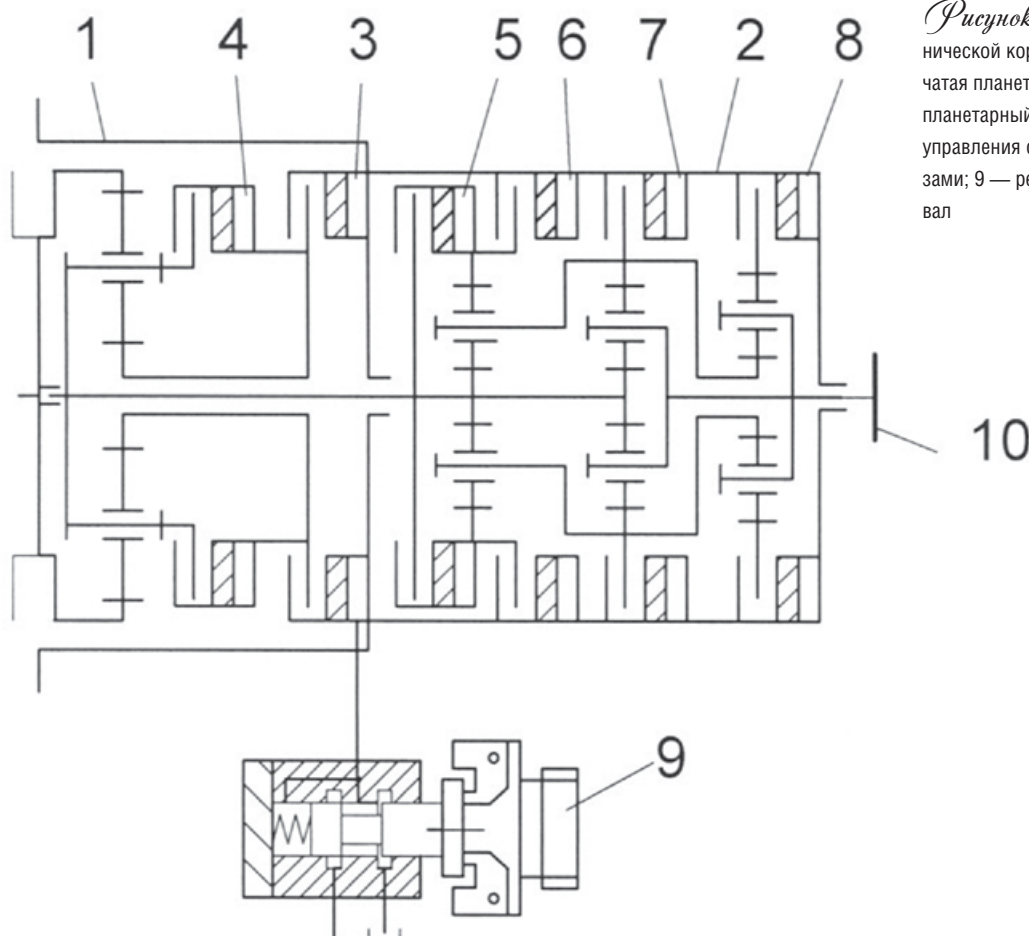


Рисунок 1. Кинематическая схема механической коробки передач: 1 — двухступенчатая планетарная передача; 2 — ступенчатый планетарный редуктор; 3–8 — цилиндры управления фрикционными муфтами и тормозами; 9 — регулятор давления; 10 — выходной вал

Таблица 1.

номер ступени	номера цилиндров					
	3	4	5	6	7	8
U1	•				•	
U2		•			•	
U3	•			•		
U4		•		•		
U5	•		•			
U6		•	•			
UR	•					•

масла через теплообменник для его охлаждения. Серийное производство гидротрансформаторов может быть организовано только на специализированном предприятии, а стоимость его достаточно большая. При включении первой передачи или ступени заднего хода на минимальной частоте холостого хода двигателя гидротрансформатор передает крутящий момент, приводящий к «ползучести» автомобиля.

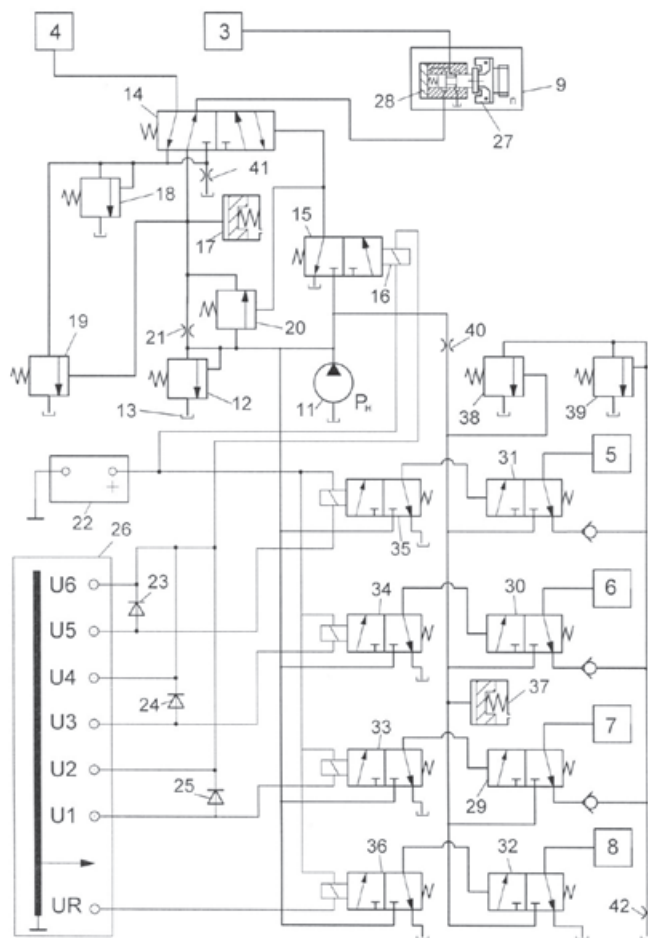
В связи с этим было предложено взамен гидротрансформатора применять включаемую или блокируемую фрикционными муфтами двухступенчатую планетарную передачу с кпд 98%, работающую на всех ступенях коробки передач.

Следовательно, такая планетарная передача работает как делитель между соседними ступенями коробки передач. Поэтому передаточное число планетарной передачи целесообразно выбирать как $U_n = 1,27 - 1,4$.

Кинематическая схема шестиступенчатой планетарной механической коробки передач, переключаемой без разрыва мощности, содержит двухступенчатую планетарную передачу 1 и трехступенчатый планетарный редуктор 2 (рис. 1). Отличительной особенностью кинематической схемы является применение регулятора давления 9, соединенного с цилиндром 3

Рисунок 2. Устройство управления планетарной коробкой передач:

3–8 — цилиндры управления; 9 — регулятор давления; 11 — масляный насос; 12 — клапан-ограничитель давления; 13 — гидробак; 14 — гидрораспределитель; 15, 33–36 — клапаны-пилоты; 17 — аккумуляторы давления; 18, 39 — клапаны сброса давления; 19, 38 — клапаны слива; 20 — клапан форсировки; 21, 40–42 — жиклеры; 22 — электрический аккумулятор; 23–25 — диоды; 26 — переключатель ступеней; 27 — центробежный регулятор; 28 — гидравлический золотник; 29–32 — клапаны включения цилиндров; 37 — аккумулятор давления планетарного редуктора



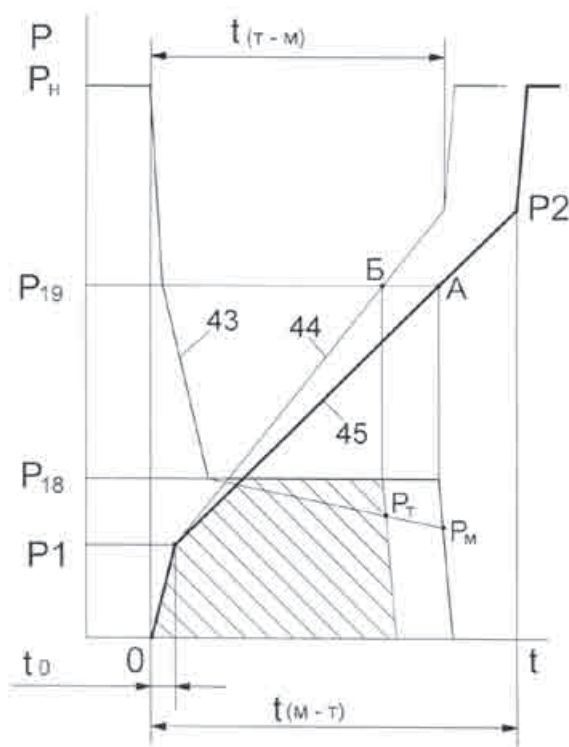
фрикционного тормоза двухступенчатой планетарной передачи 1, обеспечивающего плавное трогание автомобиля с места в различных дорожных условиях [1]. В результате получается новый тип механической коробки передач, переключаемой под нагрузкой. Следует отметить, что допускаемая мощность буксования фрикционного тормоза планетарной передачи в несколько раз превышает допускаемую мощность рассеивания серийного однодискового автомобильного сцепления. Цилиндр фрикционного тормоза не вращается, что повышает четкость

регулирования передаваемого крутящего момента, так как отсутствует влияние центробежных сил.

Для совместной работы с планетарными передачами предпочтительным является тихоходный дизельный двигатель, что позволяет снизить проскальзывание фрикционных дисков выключенных ступеней.

Принятая за основу кинематическая схема включает двухступенчатую планетарную передачу 1 и планетарный редуктор 2, широко применяется в гидромеханических передачах «Allison» и «Renk», так

Рисунок 3. График изменения давлений в цилиндрах при переключении ступеней в двухступенчатой планетарной передаче



как обеспечивает малую величину буксования в выключенных фрикционах и сравнительно низкую частоту вращения сателлитов планетарных передач, что снижает потери мощности и увеличивает долговечность коробки передач. Включение цилиндров на различных ступенях коробки передач представлено в табл. 1.

Разработанная простая и совершенная система гидравлического управления обеспечивает переключение всех ступеней без разрыва потока мощности и без применения электроники, что гарантирует её функционирование при преодолении брода, при больших изменениях внешней температуры и влажности, а также воздействия сильных электромагнитных и радиоактивных полей [2,3].

Вариант устройства управления двухступенчатой планетарной передачей содержит гидрораспределитель 14, управляемый клапаном-пилотом 15 с помощью

электромагнита 16 от электрического переключателя ступеней 26 (рис. 2).

Гидравлический цилиндр 3 фрикционного тормоза планетарной передачи 1 через регулятор давления 9, управляемый от частоты вращения двигателя, соединен с гидрораспределителем 14. Регулятор давления содержит центробежный регулятор 27 и золотниковый клапан 28 охваченный отрицательной обратной связью по давлению и характеристику изменения давления $P = f(n^2)$ в виде параболы.

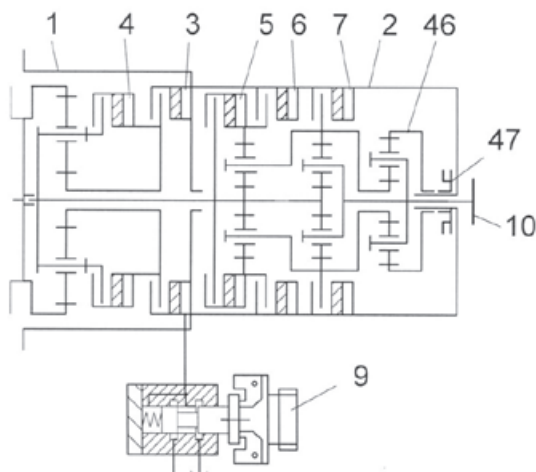
На частоте холостого хода двигателя $n=700 \text{ мин}^{-1}$ фрикционный тормоз планетарной передачи выключен. При возрастании частоты вращения двигателя приблизительно до $n=1200 \text{ мин}^{-1}$ фрикционный тормоз полностью включается до давления P_n , поддерживаемого на масляном насосе 11. При $n > 1200 \text{ мин}^{-1}$ золотник регулятора давления полностью открыт, напрямую соединяя цилиндр

3 с гидрораспределителем 14. Поэтому на ступени U1 (UR) включение фрикционного тормоза обеспечивает трогание автомобиля с места до $n=1200 \text{ мин}^{-1}$, то есть до частоты, соответствующей максимальному крутящему моменту двигателя.

При переключении на ступень U2 ($n > 1200 \text{ мин}^{-1}$) клапан-пилот 15 переключает гидрораспределитель 14, который соединяется с цилиндром 4 фрикциона блокировки планетарной передачи и включает клапан форсировки 20. А ранее включенный цилиндр 3 фрикционного тормоза соединяется с гидробаком 13. Снижение давления в цилиндре 3 выполняется клапаном сброса давления 18, закрываемом при падении давления до P_{18} (рис. 3), и через новый, предложенный автором, клапан слива 19, управляемый давлением в аккумуляторе давления 17. Клапан слива 19 открыт при давлении $P > P_{19}$, а при $P < P_{19}$ клапан слива закрыт. Поэтому до давления P_{19} открыты оба клапана, а при $P < P_{19}$ клапан слива закрывается. Дальнейшее снижение давления в цилиндре 3 выполняет только клапан сброса давления 18, который закрывается при $P = P_{18}$ (см. рис. 3).

Включение цилиндра 4 фрикциона блокировки планетарной передачи происходит из полностью заряженного аккумулятора давления 17 через большое проходное сечение за время t_0 до давления P_1 . Объем аккумулятора давления 17 рассчитан таким образом, что при достижении давления P_1 в фрикционе блокировки выбраны все зазоры, и он готов к передаче крутящего момента. Далее аккумулятор давления 17 начинает заряжаться через жиклер 21 и проходное сечение клапана форсировки 20. Одновременно возрастает давление во включаемом цилиндре 4 (поз. 44). При увеличении давления до величины Б открывается клапан слива 19, который сбрасывает давление в выключаемом цилиндре 3

Рисунок 4. Планетарная коробка передач с включением передачи заднего хода зубчатой муфтой



до нуля, так как фрикцион блокировки уже передает достаточный крутящий момент. Поэтому дальнейшее поддержание давления в выключаемом цилиндре и пробуксовка его фрикционных дисков становятся нежелательными.

В связи с тем, что сброс давления в выключаемом цилиндре определяется давлением во включаемом цилиндре, гарантируется наличие управляемой зоны перекрытия, заштрихованной на рисунке 3.

При введении жиклера 41 сброс давления в выключаемом цилиндре будет выполняться с давления P_T .

При переключениях ступеней выключение цилиндра 3 тормоза планетарной передачи или выключение цилиндра 4 фрикциона блокировки будут происходить согласно поз. 43. Однако, цилиндр 3 фрикционного тормоза планетарной передачи будет включаться медленнее (поз. 45), чем цилиндр 4 фрикционной муфты (поз. 44), так как отключается клапан форсировки 20. Это позволяет за время переключения $t_{(M-T)}$ возрасти частоте вращения двигателя (как это делает опытный водитель при переключениях на понижающие ступени), что предотвращает появление толчка в трансмиссии из-за замедления автомобиля. Переключения ступе-

ней в планетарном редукторе производятся аналогичным образом, но время переключения ступеней существенно меньше чем в двухступенчатой планетарной передаче, чтобы они заканчивались в зоне малых давлений переключаемых цилиндров планетарной передачи.

В редукторе 2 планетарной передачи наибольший крутящий момент передается фрикционными дисками тормоза заднего хода 8 (см. рис. 1). Поэтому тормоз заднего хода содержит наибольшее число фрикционных дисков. При этом на прямой передаче, используемой наиболее продолжительно, относительные скорости буксования фрикционных дисков тормоза 8 в три раза превышают частоту вращения двигателя. Следовательно, тормоз заднего хода создает основные потери мощности в планетарном редукторе.

В связи с тем, что на минимальной частоте холостого хода двигателя регулятор давления 9 полностью выключает тормоз двухступенчатой передачи 1, появляется возможность ликвидировать тормоз заднего хода 8, заменив его на зубчатую муфту 47 (рис. 4) [4]. Зубчатая муфта 47, управляемая от переключателя ступеней 26, соединяет коронную шестерню 46 с корпусом планетарной передачи при включении

передачи заднего хода. При этом необходимо предусмотреть, чтобы на начальном этапе перемещения муфты 47 производилось притормаживание коронной шестерни 46. Такое техническое решение позволит существенно снизить потери мощности в ступенчатом редукторе и массу планетарной передачи, также существенно снижается момент инерции на коронной шестерне 46.

Предложенный новый тип механической коробки передач может применяться везде, где в настоящее время используются традиционные механические коробки передач и сцепления. Прежде всего, это автомобили УАЗ и автомобили «Бобр», «Тигр» и ГАЗ-3309 «Группы ГАЗ».

Максимальное передаточное число первой ступени предлагаемой коробки передач наиболее целесообразно выбирать как $UI = 5-6$.

Управление коробкой передач может быть автоматическим или в виде «Power-shift» с помощью рычага электрического контроллера, что дает водителю определенные преимущества при движении автомобиля по бездорожью, на мягких и скользких грунтах.

В связи с тем, что при переключениях ступеней коробки передач область перекрытия сохраняется до включения новой ступени. Электрический контроллер может быть выполнен по схеме переключения обычной шестиступенчатой коробки передач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Румянцев Л.А. Проектирование автоматизированных автомобильных сцеплений. М.: Машиностроение, 1975.
2. Румянцев Л.А. Устройство управления планетарной коробкой передач. Заявка на патент № 2012130023 от 17.07.2012.
3. Румянцев Л.А. Устройство переключений ступеней в трансмиссии. Патент РФ № 2409781 от 12.05.2006.
4. Румянцев Л.А. Планетарная коробка передач. Заявка на патент № 2012134022 от 08.08.2012.