

МЕЖОСЕВОЙ МЕХАНИЗМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ДЛЯ ТРАНСМИССИЙ ЛЕСНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Р.Ю. Добрецов

д.т.н., доцент, профессор Высшей школы транспорта

С.Б. Добрецова

старший преподаватель Высшей школы прикладной математики и вычислительной
физики

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-
Петербург, Россия*

С.А. Войнаш

младший научный сотрудник,

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова, г. Рубцовск, Россия*

В.А. Соколова

к.т.н., заместитель директора по перспективному развитию и инновациям,

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, г.
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация.

Рассмотрен вариант построения кинематической схемы управляемого межосевого механизма распределения мощности на основе симметричного дифференциала. Проанализированы режимы работы узла. Показано, что его использование может быть целесообразно в первую очередь в трансмиссиях лесных и транспортных машин для перевозки грузов.

Ключевые слова: симметричный дифференциал; планетарный механизм; опорные реакции; использование сцепного веса; проходимость; управляемость; устойчивость движения.

INTERAXLE POWER DISTRIBUTION MECHANISM FOR TRANSMISSIONS OF FORESTRY AND TRANSPORT WHEELED VEHICLES

R.Yu. Dobretsov

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Higher School of
Transport*

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

S.B. Dobretsova

*Senior Lecturer Higher School of Applied Mathematics and Computational Physics
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia*

S.A. Voinash

*Junior Researcher, Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of Polzunov Altai State
Technical University, Rubtsovsk, Russia*

V.A. Sokolova

*Candidate of Technical Sciences, Deputy Director for Prospective Development and
Innovations, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint-
Petersburg, Russia*

Abstract. A kinematic design for a controlled interaxle power distribution mechanism based on a symmetrical differential is considered. The unit's operating modes are analyzed. It is shown that its use may be particularly beneficial in transmissions for forestry and cargo transport vehicles.

Keywords: symmetric differential, planetary gear mechanism, supporting reactions, use of coupling weight, cross-country ability, controllability, motion stability.

В трансмиссиях колесных машин с несколькими ведущими мостами необходимо предусматривать наличие межосевой дифференциальной связи для предотвращения явления циркуляции мощности. В простейшем случае эту функцию может выполнять симметричный дифференциал (см. рис. 1). Для увеличения проходимости в тяжелых дорожных условиях предусматривается принудительная блокировка дифференциала.

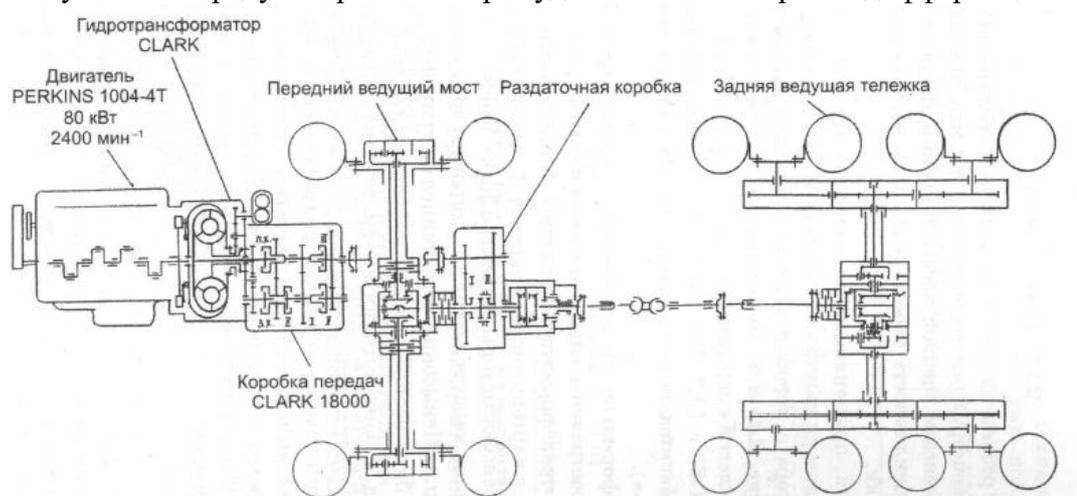


Рисунок 1 – Схема трансмиссии лесной колесной машины на примере трактора «FMG LOKOMO-810» [1]

Для лесных и транспортных машин, используемых для перемещения грузов, характерно значительное перераспределение нагрузок между ведущими мотами в порожнем и загруженном состоянии. Соответственно, изменяются значения максимальной силы тяги по сцеплению с грунтом для этих мостов. Аналогичный эффект наблюдается при преодолении затяжных подъемов и спусков.

Таким образом, улучшить тягово-сцепные свойства подобных машин представляется возможным, обеспечив управление распределением мощности между ведущими мостами в характерном диапазоне от 1:1 до 1:2.

Для специальных машин может быть востребовано плавное изменение соотношения мощностей между мостами. Для колесных форвардеров и грузовых автомобилей достаточно переключения между режимами симметричного и несимметричного дифференциала на остановленном транспортном средстве.

Принципы построения кинематической схемы управляемого межосевого механизма распределения мощности (МРМ) на основе несимметричного дифференциала рассмотрены в статье [2]. Перераспределение мощностей от пропорции 1:2 до 1:1 достигается подключением к несимметричному дифференциалу планетарного редуктора. Его наличие увеличивает массу и момент инерции трансмиссии, а при включении снижается значение КПД. Устройство может быть использовано на грузовых автомобилях, для трансмиссий которых характерно наличие как раз несимметричного дифференциала.

Для трансмиссии форвардера (см. рис. 1), в составе которой предусмотрен межосевой симметричный дифференциал, управляемый межосевой МРМ предлагается строить на его базе. Максимальное значение межосевого передаточного отношения для такого МРМ

должно соответствовать максимальной асимметрии распределения мощности между мостами (например, 1:2, см. [1]). Дополнительный редуктор может быть выполнен вальными или планетарным. Если в качестве элементов управления использовать дисковые фрикционы или тормоза, то за счет технологии контроля буксования дисков в пакете [3] можно добиться плавного изменения значения передаточного отношения узла. Переключения будет возможно производить во всем диапазоне нагрузок на стоящем и движущемся транспортном средстве. МРМ может быть встроен в систему контроля за распределением мощности по ведущим колесам, расширяющую возможности применяемой на автомобилях системы динамической стабилизации. Практическое применение подобных технических решений может быть востребовано в гористой местности.

Использование в качестве элементов управления синхронизированных и не синхронизированных зубчатых муфт может значительно снизить массу и габариты узла, упростить систему управления, снизить себестоимость. Однако в этом случае переключение между режимами работы МРМ предусматривается дискретное и выполнять его необходимо на неподвижном транспортном средстве.

Одна из возможных кинематических схем планетарного шестеренного МРМ показана на рис. 2.

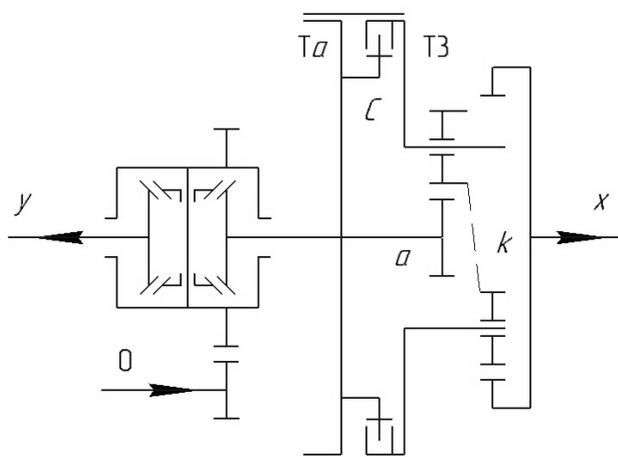


Рисунок 2 – Вариант упрощенной кинематической схемы управляемого межосевого МРМ: 0 и a – ведущее и промежуточное звенья; x и y – ведомые (выходные) звенья привода заднего и переднего мостов; Ta , $T3$, C – элементы управления; k – кинематический параметр планетарного ряда

Устройство состоит из двух трехзвенных планетарных механизмов. Один из них – простой конический симметричный дифференциал (или его аналог – простой планетарный ряд с кинематическим параметром равным $(+2)$).

Второй планетарный механизм имеет положительный кинематический параметр, значение которого выбирается из условия обеспечения потребного максимального передаточного отношения МРМ, но ограничено конструктивно (см., например, источник [4]: $1,6 \leq |k| \leq 4,0$).

Переключение режимов работы осуществляется за счет элементов управления – тормозов и блокирующей муфты.

Характерно четыре режима работы.

1. Симметричный дифференциал.

Включен блокирующий фрикцион C . Тормоза Ta и $T3$ отключены. Фрикцион C следует конструировать по схеме «постоянно включенного» элемента управления (который отключается при подаче управляющего воздействия).

2. Несимметричный дифференциал.

Включен тормоз ТЗ, другие элементы управления отключены. Межосевое передаточное отношение определяется зависимостью $u^* = M_y / M_x = 1/k$.

3. Привод на переднюю ось.

Включен тормоз Та, другие элементы управления отключены.

4. Плавное изменение межосевого передаточного отношения может быть реализовано на режиме 2 при управляемом буксовании тормоза ТЗ.

Одновременное включение любой пары элементов управления блокирует механизм. Этот режим не рассматривается, как рабочий.

Провести кинематический и силовой анализ МРМ можно, используя традиционные подходы (см., например, источник [4]).

Усложнение конструкции МРМ приведет к увеличению его стоимости и, потенциально, – к снижению надежности. Первый аспект требует дополнительных исследований, связанных с оценкой эксплуатационных затрат. Снижение надежности неизбежно при усложнении механической системы, но в данном случае оно минимально: при отказах системы управления снизится энергоэффективность МРМ, но нет оснований ожидать потери подвижности шасси.

Список литературы

1. Кочнев А. М. Рабочие режимы отечественных колесных трелевочных тракторов : монография / А. М. Кочнев; Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2008. – 519 с.

2. Управляемый межосевой механизм распределения мощности / А. П. Чайкин, Р. Ю. Добрецов, С. А. Войнаш, В. А. Соколова, Р. Р. Загидуллин, А. В. Теппов, А. А. Иванов // Грузовик. 2023. № 5. С. 3–7. DOI: 10.36652/1684-1298-2023-5-3-7.

3. Bosch. Автомобильный справочник: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.

4. Автоматические коробки передач / Харитонов С.А. – Москва: ООО «Издательство Аристель», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 335 с.

References

1. Kochnev, A. M. Operating modes of domestic wheeled skidders: a monograph / A. M. Kochnev; Federal Education Agency, St. Petersburg State Polytechnical University. – St. Petersburg: Publishing house of the Polytechnical University, 2008. – 519 p.

2. Controlled interaxle power distribution mechanism / A. P. Chaikin, R. Yu. Dobretsov, S. A. Voinash, V. A. Sokolova, R. R. Zagidullin, A. V. Tepпов, A. A. Ivanov // Truck. 2023. No. 5. pp. 3–7. DOI: 10.36652/1684-1298-2023-5-3-7.

3. Bosch. Automotive Handbook: Translated from English – 2nd edition, revised and expanded – Moscow: ZAO «KZhI «Za Rulem», 2004. – 992 p.

4. Automatic transmissions / Kharitonov S.A. – Moscow: ООО «Izdatelstvo Aristel», ООО «Izdatelstvo AST», 2003. – 335 p.