

Р.Ю. Добрецов<sup>1</sup>, А.А. Красильников<sup>2</sup>,  
Н.Н. Демидов<sup>3</sup>, А.Г. Семенов<sup>4</sup>, К.Н. Серов<sup>5</sup>

## ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ДВУХПОТОЧНОГО КОЛЕСНОГО РЕДУКТОРА ПОРТАЛЬНОГО МОСТА ДЛЯ ТРАКТОРОВ СЕМЕЙСТВА «КИРОВЕЦ»



<sup>1</sup> Роман Юрьевич Добрецов, д.т.н., профессор  
Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого  
Россия, Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 552-7785, E-mail: [dr-idpo@yandex.ru](mailto:dr-idpo@yandex.ru)



<sup>2</sup> Андрей Александрович Красильников, к.т.н., доцент,  
Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого  
Россия, Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 552-7785, E-mail: [a\\_kr36@mail.ru](mailto:a_kr36@mail.ru)



<sup>3</sup> Николай Николаевич Демидов, к.т.н., доцент,  
Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого  
Россия, Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 552-7785, E-mail: [ndemidov51@mail.ru](mailto:ndemidov51@mail.ru)



<sup>4</sup> Александр Георгиевич Семенов, к.т.н., доцент,  
Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого  
Россия, Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 552-7785, E-mail: [00.agent.007@mail.ru](mailto:00.agent.007@mail.ru)



<sup>5</sup> Кирилл Николаевич Серов, аспирант,  
Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого  
Россия, Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 552-7785, E-mail: [spielberg080@mail.ru](mailto:spielberg080@mail.ru)

## Аннотация

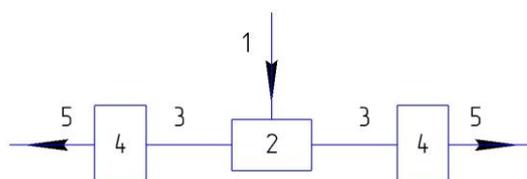
В статье рассмотрен вопрос расчетной оценки чисел зубьев и выбора значений межосевых расстояний для кинематической схемы неуправляемого однорядного вального колесного редуктора, в котором мощность передается от ведущей шестерни к шестерне выходного вала через две промежуточные (паразитные) шестерни. Преимуществом такой схемы является снижение нагрузок в зубчатых зацеплениях и симметричное распределение реакций. Необходимость выполнения оценочных расчетов была вызвана затруднением применения при проектировании традиционных пакетов «KISSoft» и «Компас». Семейство тракторов «Кировец» выбрано, поскольку для него рассматривается вопрос замены ведущих колес гусеничными модулями, что ведет к увеличению высоты расположения центра тяжести шасси и возникает потребность в проектировании порталного моста.

*Ключевые слова:* силовая передача, трансмиссия трактора, передаточное отношение, корригирование

## Введение

Портальные мосты более характерны для конструкции специальных автомобилей, в случае необходимости увеличить дорожный просвет [1], и для городских автобусов, где применяются для понижения уровня пола в салоне. За рубежом порталные мосты различных конструкций выпускаются серийно (например, мост от производителя *Zahnrad Fabrik* [2]). Применительно к конструкции трактора порталный мост может быть востребован при проектировании специальных тракторов (например, трактор для работы на чайной плантации или в случае установки на полноприводный колесный трактор треугольных гусеничных модулей).

На рис. 1 показана схема, иллюстрирующая типичный состав ведущего моста.



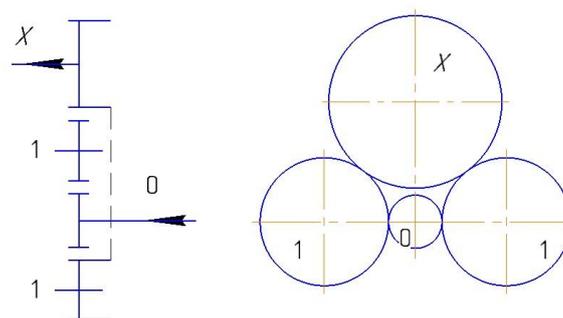
**Рис. 1.** Агрегаты трансмиссии в составе порталного моста (остановочные тормоза условно не показаны): 1 – подвод мощности от карданной передачи; 2 – редуктор (главная передача и механизм распределения мощности); полуось; 4 – колесный редуктор; 5 – отвод мощности к ведущему колесу

В качестве механизма распределения мощности 2 в практике находят широкое применение дифференциалы с повышенным внутренним трением

[3], симметричные конические блокируемые дифференциалы [4] и устройства на основе механизмов свободного хода (см., например, монографию [5]). Собственно эффект коррекции значения дорожного просвета достигается для portalного моста в основном за счет компоновки колесных редукторов ось ведомого вала 5 смещена по вертикали вверх или вниз относительно оси ведущего вала. Поэтому при выборе кинематической схемы колесного редуктора в первую очередь обращают внимание на обеспечение необходимого межосевого расстояния для этих валов. Как правило, в конструкции моста применяются схемы неуправляемых одноступенчатых редукторов с неподвижными в пространстве осями вращения звеньев (вальные редукторы). Но для увеличения передаточного отношения могут использоваться и двухступенчатые редукторы, как вальные, так и вально-планетарные.

Управляемый колесный редуктор находит применение на специальных шасси (см., например, авторское свидетельство [6]), но для тракторов высоких тяговых классов их применение затруднительно ввиду больших крутящих моментов, действующих на этом участке трансмиссии.

Большая нагруженность колесного редуктора трактора заставляет искать кинематические схемы, обеспечивающие более равномерное распределение реакций на опорах валов, увеличение долговечности (за счет, например, применения плавающих звеньев), уменьшение нагрузок в зацеплениях. Одним из актуальных вариантов является схема с двумя промежуточными шестернями (рис. 2). Специфической трудностью при проектировании редуктора по такой схеме оказалась невозможность применить традиционное программное обеспечение (пакеты «*KISSSoft*» [7] и «Компас» [8]) – для такой схемы не предусмотрены типовые программные решения.



**Рис. 2.** Упрощенная кинематическая схема колесного редуктора (слева) и взаимное расположение шестерен (справа): 0, 1, X – ведущее, промежуточные, ведомое звенья

В данной статье представлены результаты анализа геометрических закономерностей, характерных для кинематических схем такого типа.

## Методы

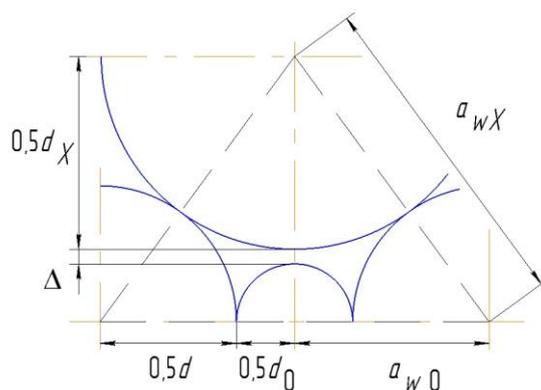
Использованы методы, характерные для дисциплины «Теория машин и механизмов» в сочетании с подходами, адаптированными для использования в тракторостроении (см. основные работы [9, 10, 11, 12, 13, 14], ходовой части колесной машины [14], теории движения трактора [15,16,17]).

## Результаты

В редукторе, выполненном по кинематической схеме, показанной на рис. 2, поток мощности разветвляется между промежуточными шестернями. Даже с учетом неравномерности распределения крутящего момента, это обеспечивает существенное (практически в два раза) снижение нагрузки на зацепление без необходимости применять меры по увеличению длины линии контакта (см., например, монографию [18]).

Промежуточные шестерни установлены симметрично относительно ведущей, оси вращения располагаются на единой горизонтали: распределение реакций симметрично, ведущую шестерню можно выполнить плавающей, что улучшит условия работы зацепления.

Недостатком представляется необходимость обеспечить большие диаметры промежуточных шестерен. На рис. 3 приведена расчетная схема, из которой видно, что провести нужные геометрические построения возможно, только если размеры промежуточных и ведомой шестерни соизмеримы.



**Рис. 3.** Расчетная схема колесного редуктора в составе портального моста (вал и шестерни межбортовой связи условно смещены):  $d_0$ ,  $d$ ,  $d_x$  – делительные диаметры ведущей, промежуточных и ведомой шестерен;  $a_{w0}$ ,  $a_{wX}$  – межосевые расстояния для зацеплений ведущей и промежуточной, промежуточной и ведомой шестерен;  $\Delta$  – зазор между ведущей и ведомой шестернями

Передаточное отношение редуктора определяется зависимостью:

$$u = Z_x/Z_0 = d_x/d_0 > 0.$$

Используемые обозначения расшифрованы в подписи к рис. 3.

Межосевые расстояния для пар шестерен:

$$a_{w0X} = 0,5d_0 + \Delta + 0,5d_x;$$

$$a_{w0} = 0,5d + 0,5d_0;$$

$$a_{wX} = 0,5d + 0,5d_x.$$

Значение зазора  $\Delta$  между ведущей и ведомой шестернями будет влиять на гидродинамические потери в редукторе, хотя не так существенно, как в планетарных коробках передач. Из опыта проектирования можно предполагать, что следует обеспечить  $\Delta \geq 4$  мм.

Из геометрических соотношений справедлива запись:

$$a_{wX}^2 = a_{w0}^2 + a_{w0X}^2.$$

Последнюю зависимость можно представить, как функцию делительных диаметров шестерен:

$$(0,5d + 0,5d_x)^2 = (0,5d + 0,5d_0)^2 + (0,5d_0 + \Delta + 0,5d_x)^2.$$

В такой форме зависимость связывает все геометрические характеристики и позволяет выбирать интересующие их комбинации. Выражение может быть представлено также в виде:

$$(d + ud_0)^2 = (d + d_0)^2 + (d_0[1+u] + 2\Delta)^2.$$

Например, при заданном значении зазора  $\Delta$  и известных значениях  $u$  и  $d_0$ , можно вычислить геометрически совместимый делительный диаметр для промежуточных шестерен:

$$d = \frac{(d_0(u+1) + 2\Delta)^2 - d_0^2(u^2 - 1)}{2d_0(u-1)} > 0.$$

Полученное значение делительного диаметра в общем случае будет дробным. При изготовлении зубчатых колес придется применить коррегирование (см., например, справочники [9; 10, 11]). Выбрать параметры зацепления будет возможно и с помощью программных пакетов.

В некоторых случаях, в частности, в учебном процессе, представляет интерес продемонстрировать возможность проектирования шестерен без корригирования. Поскольку  $d_j = mZ_j$  (где  $m$  – модуль зацепления), можно записать:

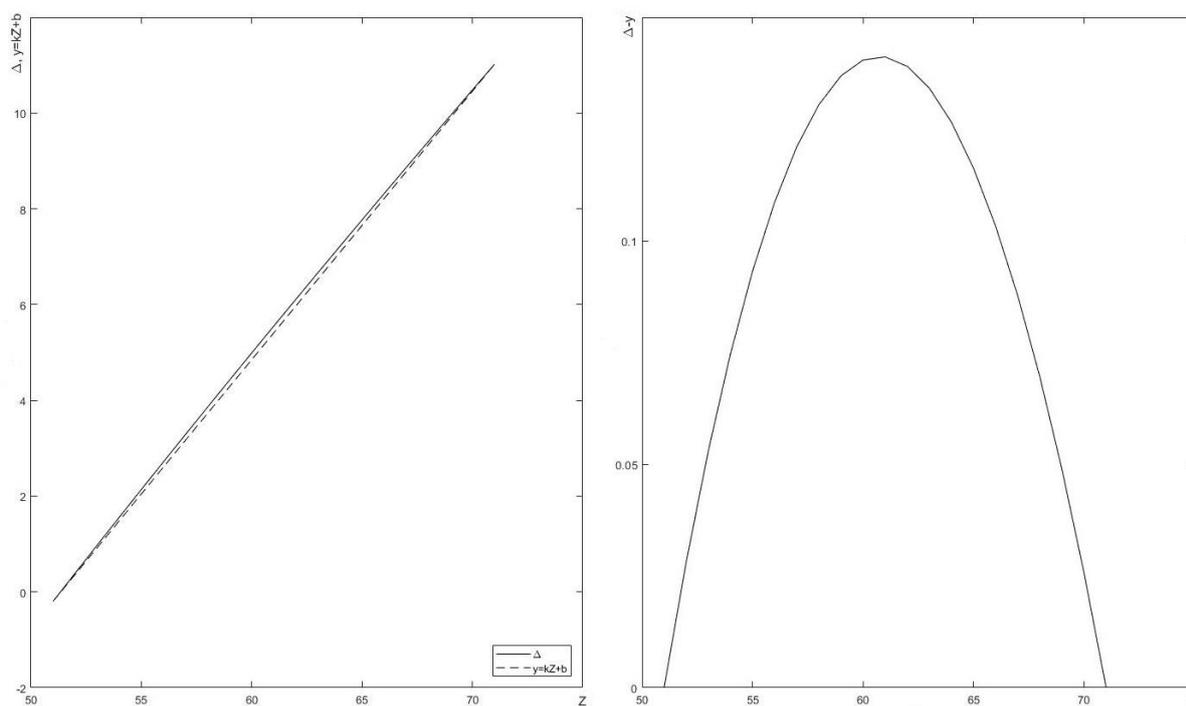
$$Z = \frac{(Z_0(u+1) + 2\Delta/m)^2 - Z_0^2(u^2 - 1)}{2Z_0(u-1)}, \quad Z \in \mathbf{N}.$$

Используя последнее выражение можно выбрать целые значения для  $Z$ , изменяя значения  $\Delta$ . При этом, естественно, следует обеспечить  $\Delta > 0$  и проводить округления до ближайшего целого (хотя бы потому, что при расчете на компьютере по данной формуле неизбежно накопление ошибки

вычислений).

С использованием представленных зависимостей были проведены расчеты для перспективного колесного редуктора, проектируемого для грузового автомобиля. На производстве выбор параметров проводился с использованием итерационного процесса. Предлагаемый подход позволил получить, как частный случай, и заводской результат ( $Z_0=22$ ,  $u=2,5$ ,  $m=2,8$  мм,  $Z=71$ , отклонение по значениям межосевых расстояний – не более 1,2%). Однако, аналитический подход позволяет найти сочетания чисел зубьев, при реализации которых не требуется корректирования и дает варианты с шагом для промежуточной шестерни в один зуб.

На рис. 4 (слева) в качестве примера приведен вид зависимости значения зазора  $\Delta$  между ведущей и ведомой шестерней в зависимости от числа зубьев  $Z$  на промежуточной шестерне. При расчетах зафиксированы значения  $Z_0=22$ ,  $u=2,5$ ,  $m=2,8$ . Результаты расчетов показывают, что зависимость близка к линейной, но линейной не является. Для демонстрации нелинейного характера зависимости  $\Delta(Z)$  построен отрезок прямой – хорда, описываемая уравнением вида  $y = kZ + b$  и стягивающая точки на границах расчетного интервала.



**Рис. 4.** Вид расчетной зависимости значения зазора между ведущей и ведомой шестернями  $\Delta$  от числа зубьев на промежуточной шестерни  $Z$  при фиксированных значениях  $Z_0$  и  $u$  в сравнении с прямой, построенной через края рассмотренного интервала (слева); иллюстрация нелинейности графика  $\Delta(Z_0)$  – ошибка по функции (справа)

На рис. 4 (справа) приведен график значений рассогласования функций  $\Delta(Z)$  и  $y = kZ + b$ . Отклонение закономерно достигает максимума в середине

интервала: функция  $\Delta(Z)$  является квадратичной параболой, что соответствует математической постановке рассматриваемой задачи.

В практическом случае для оперативной оценки поведения  $\Delta(Z)$  представляется достаточным произвести расчеты на границах интервала и аппроксимировать рассматриваемую функцию хордой.

Для тракторов серии К-7М Петербургского тракторного завода с целью снижения положения центра тяжести после установки треугольных гусеничных модулей вместо пневматических ведущих колес, можно провести аналогичные расчеты. Существенной будет разница в значении модуля зацепления (предполагается использовать шестерни с  $m=6,0$  мм).

Задавая  $Z_0=15$ ,  $u=3,0$ , получаем ряд вариантов, из которых предпочтительной представляется реализация значений  $Z=71$ ,  $a_{w0}=118,250$  мм и  $a_{wx}=200,750$  мм,  $\Delta=38,477$  мм.

Уточненные расчеты можно будет произвести по окончании проектирования треугольного гусеничного модуля.

## Обсуждение

Наиболее вероятный сценарий использования порталных мостов оригинальной конструкции на тракторах К-5 и К-7М – компенсация увеличения высоты расположения центра тяжести при установке треугольного гусеничного движителя.

При этом порталный мост должен иметь передаточное отношение, обеспечивающее заданные тягово-динамические характеристики трактора после модернизации.

Портальный мост с колесным редуктором рассмотренной конструкции применим и в составе гибридной электромеханической трансмиссии, в случае, если ТЭД подключается, например, к коробке передач [19,20,21,22,23].

Сходная задача определения геометрических параметров размещения шестерен и выбора числа зубьев существует для так называемых «коробок передач с параллельными грузовыми валами» (см. патенты [24,25]), по принципам построения близкими к вальным коробкам с сухим сдвоенным сцеплением (DSG) [26]. Предполагается, что подходы, предложенные при работе над редуктором, удастся использовать и для упомянутого семейства трансформирующих механизмов с целью упрощения проектирования, а в перспективе – снижения затрат на производство.

В настоящее время результаты работы используются в учебном процессе при реализации в Высшей школе транспорта ООП магистратуры «Наземные транспортно-технологические комплексы» [27,28] и планируется дальнейшее развитие темы.

## Заключение

Таким образом, есть основания предполагать, что результаты могут быть применены в практике отечественного тракторостроения. При этом в качестве потенциального промышленного партнера рассматривается в первую очередь АО «Петербургский тракторный завод».

По результатам работы можно сформулировать следующие основные выводы.

1. Предложенные принципы могут быть использованы при разработке порталного ведущего моста для грузовых автомобилей, автобусов, тракторов, в том числе – в случае использования на шасси с шарнирно-сочлененной рамой треугольных гусеничных модулей.

2. При проектировании конструкции порталного моста представляется возможным применить апробированные методы, основы которых изучаются в учебном процессе, например, при подготовке магистров и специалистов в Высшей школе транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета.

3. Проектирование и производство рассмотренных редукторов и порталных мостов в целом, может быть локализовано на производственной базе АО «Петербургский тракторный завод»

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Селифонов В.В., Бирюков М.К. Устройство и техническое обслуживание грузовых автомобилей. М. : Издательский центр «Академия», 2013. 400 с.
- [2] URL: <https://5koleso.ru/avtopark/vygod-na-publiku-noveyshie-razrabotki-zf-dlya-avtobusov/?ysclid=lod877rzzv932556925> (дата обр. 15.04.2024).
- [3] Решетов Л.Н. Кулачковые механизмы. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1953. – 428 с.
- [4] Андреев А.В., Ванцевич В.В., Лефаров А.Х. Дифференциалы колесных машин / Под ред. Лефарова А.Х. М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
- [5] Пилипенко М.Н.. Механизмы свободного хода. М., Л.: Изд-во «Машиностроение», 1966. – 288 с.
- [6] А.с. СССР № 329044. Двухступенчатая коробка передач привода колеса транспортной машины: опубликовано 09.11.1972/ Г.П. Корепанов, М.И. Маленков, П.С. Сологуб, В.И. Комисаров, В.И. Койнаш, Г.И. Рыков и Е.Н. Друян. – Текст: электронный.
- [7] [7 https://kisssoft.compmechlab.ru/article/proektirovanie-i-raschet-reduktora](https://kisssoft.compmechlab.ru/article/proektirovanie-i-raschet-reduktora)

- [8] <https://kompas.ru/kompas-educational/publications/books/?ysclid=m77yosu54d262070334>
- [9] Планетарные передачи. Справочник. Под ред. докторов техн. наук В.Н. Кудрявцева и Ю. Кирдяшева. Л.: «Машиностроение», 1977. – 536 с.
- [10] Гавриленко В.А. Зубчатые передачи в машиностроении. М.: «Машгиз», 1962. – 532 с.
- [11] Справочник по корригированию зубчатых колес. Под ред. канд. техн. наук И.А. Болотовского. М.: «Машиностроение», 1967. – 576 с.
- [12] Fischer R The Automotive Transmission Book, Fischer, R., Küçükay, F., Jürgens, G., Najork, R., Pollak, B. // ISBN 978-3-319-05262-5, ISBN 978-3-319-05263-2 (eBook) DOI 10.1007/978-3-319-05263-2, © Springer International Publishing Switzerland 2015, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, © 2015.
- [13] Шеломов В.Б. Проектирование наземных транспортно-технологических машин. Планетарные коробки передач. Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. 31 с.
- [14] Wong J.Y. Theory of ground vehicles. 2001. 528 p.
- [15] Павлов В.В., Кувшинов В.В. Теория движения многоцелевых гусеничных и колесных машин. Чебоксары : ООО «Чебоксарская типография №1», 2011. 424 с.
- [16] Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М.: Агропромиздат, 1986. 383 с.
- [17] Schramm D., ect. Modellbildung und Simulation der Dynamik von Kraftfahrzeugen. 2013. 412 p.
- [18] Вулгаков Э.Б. Зубчатые передачи с улучшенными свойствами. Обобщенная теория и проектирование. – М.: «Машиностроение», 1974. – 264 с.
- [19] Поршнев Г.П., Добрецов Р.Ю., Красильников А.А. Трансмиссия с электромеханической передачей для тракторов и дорожно-строительных машин. Известия МГТУ МАМИ. 2020. №2 (44). С. 33-41.
- [20] Mehrdad E., ect. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design. 2005. 395 с.
- [21] Belko V., Glivenko, ect., "Current Pulse Polarity Effect on Metallized Film Capacitors Failure," in IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 45, no. 6, pp. 1020-1025, June 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPS.2017.2703947>
- [22] Belko V.O., Emelyanov O.A., Self-healing in segmented metallized film capacitors: Experimental and theoretical investigations for engineering design (2016) Journal of Applied Physics, 119 (2), статья № 024509
- [23] Belko V.O., Petrenya Y.K., ect., "Numerical Simulation of Discharge Activity in HV Rotating Machine Insulation," 2019 IEEE Conference of

Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus), Saint Petersburg and Moscow, Russia, 2019, pp. 800-802. DOI: <https://doi.org/10.1109/EIconRus.2019.8657272>

- [24] Многовальная коробка передач «Ромашка» : 2658474 С1 Рос. Федерация / Р.Ю. Добрецов, А.Г. Семенов; заявитель и патентообладатель СПбПУ. – №2017113579; заявл. 19.04.2017; опубл. 21.06.2018.
- [25] Пат. RU 2 723 206 Российская Федерация. Преселективная коробка передач "Ромашка-3Ф" для трансмиссий транспортных средств / Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г. // 2019123556; заявл. 25.07.2019; опубл. 09.06.2020. Бюл. №16 – 15 с.
- [26] Конструктивные особенности и история появления роботизированных трансмиссий с двумя сцеплениями Коваленко О.И., Колодяжный И.А., Казак В.В., Минасян Г.А. Нанотехнологии: наука и производство. 2023. № 5. С. 60-66.
- [27] Добрецов Р.Ю.. Гибридные технологии обучения в магистратуре: проектирование мобильных энергетических платформ. Современное машиностроение. Наука и образование. 2022. № 11. С. 29-40.
- [28] Dobretsov R., Krasilnikov A., et., The use of a hybrid form of education in the master’s program on the example of the discipline “fundamentals of digital design of mobile energy platforms. AIP Conf. Proc. 3102, 020026 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0199902>

R.Yu. Dobretsov, A.A. Krasilnikov,  
N.N. Demidov, A.G. Semenov, K.N. Serov

## **FEATURES OF THE CHOICE OF PARAMETERS OF THE WHEEL GEARBOX OF THE PORTAL AXEL FOR TRACTORS OF THE KIROVETS LINEUP**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia

### **Abstract**

The article considers the issue of calculating of teeth and choosing the values of the axial distances for the kinematic scheme of an uncontrolled single-row wheeled gearbox, in which power is transferred from the drive gear to the gear of the output shaft through two intermediate gears. The advantage of this scheme is the reduction of loads in the gears and the symmetrical distribution of reactions. The need to perform evaluation calculations was caused by the difficulty of using the traditional programs in the design process. The Kirovets tractor line up was chosen because it considers replacing the driving wheels with

tracked modules, which leads to an increase in the height of the chassis center of gravity and a need to design a portal axels.

*Key words:* power plant, transmission, chassis, movement system, power distribution

## REFERENCES

- [1] Selifonov V.V., Biryukov M.K. Device and maintenance of trucks. Moscow : Publishing center "Academy", 2013. 400 p.. (rus.)
- [2] URL: <https://5koleso.ru/avtopark/vygod-na-publiku-noveyshie-razrabotki-zf-dlya-avtobusov/?ysclid=lod877rzzv932556925> (дата обр. 15.02.2025).
- [3] Решетов Л.Н. Кулачковые механизмы. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1953. – 428 с.
- [4] Андреев А.В., Ванцевич В.В., Лефаров А.Х. Дифференциалы колесных машин / Под ред. Лефарова А.Х. М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
- [5] Пилипенко М.Н.. Механизмы свободного хода. М., Л.: Изд-во «Машиностроение», 1966. – 288 с.
- [6] А.с. СССР № 329044. Двухступенчатая коробка передач привода колеса транспортной машины: опубликовано 09.11.1972/ Г.П. Корепанов, М.И. Маленков, П.С. Сологуб, В.И. Комисаров, В.И. Койнаш, Г.И. Рыков и Е.Н. Друян. – Текст: электронный.
- [7] URL: <https://kisssoft.compmechlab.ru/article/proektirovanie-i-raschet-reduktora> (дата обр. 15.02.2025).
- [8] URL: <https://kompas.ru/kompas-educational/publications/books/?ysclid=m77yosu54d262070334> (дата обр. 15.02.2025).
- [9] Планетарные передачи. Справочник. Под ред. докторов техн. наук В.Н. Кудрявцева и Ю.. Кирдяшева. Л.: «Машиностроение», 1977. – 536 с.
- [10] Гавриленко В.А. Зубчатые передачи в машиностроении. М.: «Машгиз», 1962. – 532 с.
- [11] Справочник по корригированию зубчатых колес. Под ред. канд. техн. наук И.А. Болотовского. М.: «Машиностроение», 1967. – 576 с.
- [12] Fischer R The Automotive Transmission Book, Fischer, R., Küçükay, F., Jürgens, G., Najork, R., Pollak, B. // ISBN 978-3-319-05262-5, ISBN 978-3-319-05263-2 (eBook) DOI 10.1007/978-3-319-05263-2, © Springer International Publishing Switzerland 2015, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, © 2015.
- [13] Shelomov V.B. Design of ground transportation and technological machines. Planetary gearboxes. St. Petersburg : POLYTECH PRESS, 2019. 31 p. (rus.)
- [14] Wong J.Y. Theory of ground vehicles. 2001. 528 p.
- [15] Pavlov V.V., Kuvshinov V.V. Theory of motion of multi-purpose tracked and wheeled vehicles. Cheboksary : Cheboksary Printing House No. 1 LLC, 2011. 424 p. (rus.)

- [16] Fundamentals of the theory and calculation of a tractor and a car. M.: Agropromizdat, 1986. 383 p.
- [17] Schramm D., ect. Modellbildung und Simulation der Dynamik von Kraftfahrzeugen. 2013. 412 p.
- [18] Вулгаков Э.Б. Зубчатые передачи с улучшенными свойствами. Обобщенная теория и проектирование. – М.: «Машиностроение», 1974. – 264 с.
- [19] Porshnev G.P., Dobretsov R.Yu., Krasilnikov A.A. Transmission with electromechanical transmission for tractors and road construction machines. Izvestiya MGTU MAMI. 2020. No.2 (44). pp. 33-41. (rus.)
- [20] Mehrdad E., ect. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design. 2005. 395 с.
- [21] Belko V., Glivenko, ect., "Current Pulse Polarity Effect on Metallized Film Capacitors Failure," in IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 45, no. 6, pp. 1020-1025, June 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPS.2017.2703947>
- [22] Belko V.O., Emelyanov O.A., Self-healing in segmented metallized film capacitors: Experimental and theoretical investigations for engineering design (2016) Journal of Applied Physics, 119 (2), статья № 024509
- [23] Belko V.O., Petrenya Y.K., ect., "Numerical Simulation of Discharge Activity in HV Rotating Machine Insulation," 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Saint Petersburg and Moscow, Russia, 2019, pp. 800-802. DOI: <https://doi.org/10.1109/EIConRus.2019.8657272>
- [24] Многовальная коробка передач «Ромашка» : 2658474 С1 Рос. Федерация / Р.Ю. Добрецов, А.Г. Семенов; заявитель и патентообладатель СПбПУ. – №2017113579; заявл. 19.04.2017; опубл. 21.06.2018.
- [25] Пат. RU 2 723 206 Российская Федерация. Преселективная коробка передач "Ромашка-3Ф" для трансмиссий транспортных средств / Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г. // 2019123556; заявл. 25.07.2019; опубл. 09.06.2020. Бюл. №16 – 15 с.
- [26] Конструктивные особенности и история появления роботизированных трансмиссий с двумя сцеплениями Коваленко О.И., Колодяжный И.А., Казак В.В., Минасян Г.А. Нанотехнологии: наука и производство. 2023. № 5. С. 60-66.
- [27] Добрецов Р.Ю.. Гибридные технологии обучения в магистратуре: проектирование мобильных энергетических платформ. Современное машиностроение. Наука и образование. 2022. № 11. С. 29-40. (rus.)
- [28] Dobretsov R., Krasilnikov A., ect., The use of a hybrid form of education in the master's program on the example of the discipline "fundamentals of digital design of mobile energy platforms. AIP Conf. Proc. 3102, 020026 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0199902>