

АВТОМОБИЛЬ: ТРАНСМИССИЯ И РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ

¹Попов А.С., ²Рыбин Б.Д., ²Прядун Е.А.

¹г. Тюмень, Школа интеллектуального развития «Мистер Брейн», 4 класс;

²г. Тюмень, Школа интеллектуального развития «Мистер Брейн», 3 класс

Руководитель: Попова Е.Е., г. Тюмень, Школа интеллектуального развития «Мистер Брейн», преподаватель робототехники, заместитель директора по учебной части

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте VII Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://school-science.ru/7/22/40973>.

В современном мире существует огромное количество самых разных автомобилей. Все транспортные средства созданы в помощь людям быстро преодолевать расстояния. Но прежде чем садиться за руль транспортного средства, необходимо не только получить право на вождение, но и подробно изучить сложные механизмы, и понять как они обеспечивают правильное движение автомобиля в разных условиях.

Актуальность нашей работы заключается именно в создании проекта наглядной демонстрации работы механической коробки передач, с доступным объяснением терминов и испытанием автомобиля на разных передачах в разных условиях. Изучение особенностей трансмиссии автомобиля и рулевого управления в юном возрасте позволит ребятам в будущем уверенно управлять транспортным средством и с легкостью сдать экзамен по вождению.

Цели и задачи проектной работы:

- изучить информацию о трансмиссии и рулевом управлении современных автомобилей;
- сконструировать механическую коробку передач на базе конструктора LegoMindstorms и измерить передаточное отношение каждой скорости;;
- Собрать в целом модель автомобиля на базе конструктора LegoMindstorms, установить механическую коробку передач и рулевое управление;
- провести испытания автомобиля в разных условиях, зафиксировать результаты и сделать выводы;
- продемонстрировать лучшие эксперименты.

В качестве источников информации мы, в основном, использовали информационные сайты: Википедия (<https://ru.wikipedia.org>), интернет энциклопедия «Ё-авто!» (<http://www.yo-car.net/>), блог для начинающих автолюбителей «Авто Новичок» (avtonov.com), «АвтоМотоСпец» (avtomotospec.ru) При создании конструкции робота нам

помогли книги о простых и сложных механических передачах, подробно о зубчатых передачах [1, 2], при создании программы руководствовались учебным пособием по соревновательной робототехнике [3].

1. Трансмиссия автомобиля

Скорость, рев двигателя и дрифт при резком торможении. «Как бы мне хотелось погонять на автомобиле» – так с грустью рассуждает большинство мальчишек в свои 10 лет. Ничего не поделаешь, только в 18 лет мы сможем получить права на управление транспортным средством. А пока у нас есть время, чтобы изучить основные характеристики автомобиля. Первое, с чего мы начнем – это скорость! Мы искали ответ на вопрос: от чего зависит скорость автомобиля? Результат нашего поиска просто пугает непонятными словами и терминами: передаточное число трансмиссии, коэффициент лобового сопротивления, максимальные обороты двигателя, число цилиндров, объем цилиндров, наличия 6 передач, аэродинамика, скорость переключения передач, редуктор с правильными передаточными числами и так далее. Предстоит изучить каждое слово. Начнем с трансмиссии.

Трансмиссия – совокупность сборочных единиц и механизмов, предназначенных для передачи крутящего момента от двигателя к колёсам (рабочему органу), изменения тяговых усилий, скоростей и направления движения [5]. В автомобилях трансмиссия включает в себя коробку передач и привод.

1.2. Коробка передач

История создания первой коробки передач

С момента возникновения двигателей внутреннего сгорания появилась необходимость в коробке скоростей для передачи вращательного момента на колёса автомобиля [6]. В самом начале речь совсем не шла о зубчатых шестернях. Карл Бенц

использовал в своём первом автомобиле две ременные пары с разным передаточным отношением, и, перекинув шкив, можно было быстрее двигаться по ровной дороге.

Но уже Вильгельм Майбах начинает использовать различные пары зубчатых колёс для того, чтобы выбрать нужное передаточное отношение для соответствующей ситуации. Удивительно, но момент на колёса передавался по-прежнему с помощью цепной передачи. Карданный вал, чьим изобретателем был Луи Рено, появился несколько позже, но зато занял прочное место в автомобилестроении. В итоге, в начале 20 века наиболее прогрессивной стала соосная коробка скоростей с прямой передачей (так же от Рено).

Ранние коробки передач нетрудно было распознать по шуму, который иногда превосходил шум двигателя. Также долго мучила водителя проблема переключения передач. Например, при переключении вниз необходимо было нажать на две разных педали сцепления и при этом умеренно дозировать газ. Далеко не всегда эта процедура заканчивалась успехом, и длилась она так долго, что зачастую, из-за ещё больших потерь скорости, приходилось начинать переключаться на ещё более низкую передачу.

Виды современных коробок передач. Их преимущества и недостатки

Одним из ключевых агрегатов любого автомобиля является коробка переключения передач (КПП). Выбор типа КПП зависит от многих факторов. Различные виды коробок передач имеют как свои достоинства, так и недостатки. На автомобилях используют четыре основных вида КПП. Это механика, классический автомат, роботизированная коробка или робот, а также вариатор.[7].

Основное предназначение любой автомобильной коробки переключения передач является изменение крутящего момента, передаваемого от двигателя к колесам, изменение скорости движения и изменение направления движения (вперед/назад). Некоторые типы коробок предусматривают также отключение двигателя от колес, в других КПП эту роль выполняет дополнительный узел, называемый «сцепление».

Механические КПП

Механические КПП предназначены для ручного переключения передач [7]. По принципу действия это многоступенчатый цилиндрический редуктор. В новых легковых автомобилях чаще всего используют 5 и 6 ступенчатую коробку, а в автоклассике применялись 4-ступенчатые (Приложение, рис. 1).

Ступенчатая система переключения передач подразумевает конкретный коэффициент передачи для каждой пары шестеренок. Вычисляется передаточное число как соотношение количества зубьев на ведущей и ведомой шестеренке. Для первой передачи это соотношение самое большое. Это означает, что ведущая шестеренка самая маленькая, а ведомая – самая большая.

Механические коробки бывают двух валовые и трех валовые. Трех валовые используются, как правило, на более мощных легковых автомобилях, грузовиках и спецтехнике. Двух валовые часто устанавливают на автомобили с передним приводом.

На задней передаче используются шестеренки с прямыми зубьями. Это дает возможность передавать больший крутящий момент. На передних передачах используются косозубые шестеренки – они работают более тихо, так как сцепление зубьев происходит постепенно, однако их КПД меньше.

Коробка автомат

Автоматическая коробка, в ее классическом понимании, имеет большую популярность среди автолюбителей. [7] Её бесспорное преимущество является в том, что водителю не требуется отвлекаться на переключение передач. Для начала движения не нужно иметь особых навыков – просто поставил «D» и отпустил тормоз. А еще, в салоне на одну педаль меньше. За такой комфорт приходится расплачиваться более высоким, по сравнению с механикой, расходом топлива (Приложение, рис. 2).

Рабочим элементом в АКПП является три набора шестеренок планетарной передачи. Название «планетарная передача» означает, что меньшие шестеренки вращаются вокруг большей центральной шестерни.

Переключение передач происходит благодаря компьютеру, который включает нужные гидравлические клапаны, что приводит в движение соответствующие муфты планетарных шестеренок.

Автоматическая КПП позволяет двигателю работать в наиболее эффективном диапазоне мощности. Благодаря различным датчикам, компьютер определяет, когда необходимо включить ту или иную передачу или остановить автомобиль. Так что водителю не стоит беспокоиться об оптимальном режиме работы двигателя, а можно сосредоточиться исключительно на вождении.

Роботизированная КПП

Трансмиссии с роботизированным переключением передач, или «роботы», как их иногда называют, объединяют два преды-

дущих вида коробок [7]. По своей сути, это механическая коробка переключения передач с двумя валами и сцеплением, которыми управляет компьютер. Таким образом, КПД такой коробки выше, двигатель всегда работает в оптимальном режиме, что позволяет получать максимум комфорта от езды (Приложение, рис. 3).

Недостатком такой коробки может являться то, что к ней нужно привыкнуть. При классическом ручном переключении передач водитель сам может сглаживать плавность хода автомобиля благодаря плавному выжиманию сцепления, и добавлению оборотов. При езде с роботизированной коробкой в момент включения передачи может ощущаться небольшой рывок. Чтобы его компенсировать, производители придумали РКПП с двумя сцеплениями. Его суть такова: в момент переключения передач, компьютер одновременно готов подключить передачу на одну больше и на одну меньше. Благодаря этому переключение происходит практически мгновенно без рывков.

Вариатор

Вариатор – это бесступенчатая коробка переключения передач [7]. Такая трансмиссия достаточно простая. Крутящий момент изменяется плавно, что обеспечивает абсолютную плавность хода. КПД такой коробки довольно высокий, так как отсутствуют дополнительные механизмы и шестерни (Приложение, рис. 4).

Вариатор состоит из двух шкивов, способных менять свой размер, и соединенных специальным ремнем, что позволяет подбирать наилучшее соотношение передаточных чисел.

Недостатком вариатора является его ограниченная применяемость, связанная с невозможностью использовать на достаточно мощных двигателях. Так что основная сфера применения такой системы переключения передач – городские малолитражные автомобили и скутеры.

Главные преимущества и недостатки коробок передач [8], а также их применение представлены в таблице 1 Приложения.

1.2. Привод автомобиля

Привод автомобиля – это то устройство, которое передает энергию от двигателя на колеса, и на какие именно колеса перераспределяется эта энергия, зависит тип привода автомобиля. Он может быть – задний, передний или полный [9].

Практически все самые первые модели автомобилей оснащались задним приводом. [10] Наибольшей проблемой для инженеров было обеспечить такую систему перед-

них колес, которая могла бы одновременно и крутить их, и поворачивать. [11] Как только проблема была решена, масса переднеприводных автомобилей моментально ворвалась на рынок. Споры по поводу того, какой привод лучше, передний или задний, не утихают уже многие десятки лет.

В заднеприводных автомобилях двигатель устанавливается в передней части машин (Приложение, Рисунок 5), за ним следует КПП, а от нее к заднему мосту следует карданный вал, который и транслирует вращающий момент на ведущие колеса, имеющие привод от заднего моста, в котором располагается дифференциал [10].

Передний привод характеризуется тем, что в нем все ведущие узлы располагаются в передней части автомобиля (Приложение, рис. 6) [10]. От дифференциала, расположенного в едином корпусе с коробкой переключения передач, к колесам следуют выходы из трансмиссии, оснащенные ШРУСами. Именно посредством этих конструктивных элементов осуществляется трансляция крутящего момента. Таким образом, в конструкции переднеприводных автомобилей отсутствует карданный вал и задний мост.

Таким образом, однозначного вывода о том, какой из приводов лучше, задний или передний, сделать практически невозможно. В каждом отдельном случае выбор машины зависит от ряда факторов: цена (дешевле авто с передним приводом), приемистость (лучше авто с задним приводом), устойчивость на дорожном покрытии (лучше авто с передним приводом) и т.д.

Полноприводные автомобили, как правило, работают в 2 режимах: AWD и 4WD [11]. Первый подразумевает полный привод, работающий в постоянном или автоматическом режимах. Второй – полный привод, вручную подключающийся и отключающийся. Назначение подключаемого полного привода состоит в том, что трансмиссия автомобиля может работать двумя способами. Один обеспечивает устойчивую передачу крутящего момента исключительно на одну ось – как правило, заднюю. Благодаря этому увеличивается максимальная скорость автомобиля и другие его характеристики. Другой передает мощность на обе оси одновременно, повышая сцепление с дорогой в тех ситуациях, когда это нужно. У всех автомобилей с полным приводом энергия от мотора распределяется на все четыре колеса (Приложение, рис. 7).

Плюсы и минусы переднего, заднего и полного привода [9, 11, 12] мы выделили в табл. 2 Приложения.

2. Рулевое управление автомобиля

Рулевое управление – одна из основных систем автомобиля, которая представляет собой совокупность узлов и механизмов, предназначенных для синхронизации положения рулевого колеса (руля) и угла поворота управляемых колес (в большинстве моделей автомобилей это передние колеса) [13]. Основное назначение рулевого управления для любых транспортных средств – это обеспечение поворота и поддержание заданного водителем направления движения.

Рулевой механизм (система рулевого управления) может быть следующих видов:

Реечный – самый распространенный вид, используемый в легковых автомобилях (Приложение, рис. 8). Этот вид рулевого механизма имеет простую конструкцию и отличается высоким КПД. Недостатки заключаются в том, что этот тип механизма чувствителен к возникающим ударным нагрузкам при эксплуатации в сложных дорожных условиях.

Червячный – обеспечивает хорошую маневренность автомобиля и достаточно большой угол поворота колес (Приложение, рис. 9). Этот вид механизма меньше подвержен влиянию ударной нагрузки, но более дорогостоящий в изготовлении.

Винтовой – принцип работы похож на червячный механизм, однако он имеет более высокий КПД и позволяет создавать большие усилия (Приложение, рис. 10).

3. Модель из LegoMindstorms: «Авторский автомобиль с механической КП, задним приводом и рулевым управлением»

Мы изучили подробно трансмиссию автомобиля: виды коробок передач, их особенности, виды привода, а также механизмы рулевого управления. На базе конструктора LegoMindstormsEV3 решили собрать автомобиль, используя всего 2 мотора: один большой мотор для движения вперед/назад, другой средний мотор для поворотов направо/налево. Крутящий момент от большого мотора к колесам будет осуществляться через механическую четырехступенчатую коробку передач.

3.1. Создание механической коробки передач, установка двигателя и колес автомобиля

Для создания механической коробки передач из Lego [1] мы использовали две муфты включения передач и шестерни разного размера, формы и назначения (Приложение, рис. 11).

– Прямозубая маленькая шестерня с 8 зубьями – 1 шт;

– Прямозубая средняя шестерня с 24 зубьями – 1 шт;

– Скошенная средняя шестерня с 20 зубьями – 1 шт;

– Скошенная малая шестерня с 12 зубьями – 1 шт;

– Усиленная шестерня с 16 зубьями – 2 шт;

– Шестерня с 16 зубьями и сцепной муфтой – 4 шт.

Таким образом, мы получили 4 варианта зацепления шестерней (Приложение, рисунок 12) [2]:

Верхняя муфта, сцепление слева

1 скорость – уменьшение скорости мотора в 5 раз.

Передача вращения от мотора осуществляется по 6 шестерням, и передаточное число рассчитывается по формуле

$$\frac{8}{24} \times \frac{16}{16} \times \frac{12}{20} = \frac{1}{5}.$$

Верхняя муфта, сцепление справа. 2 скорость – уменьшение скорости мотора в 3 раза.

Передача вращения от мотора осуществляется по 5 шестерням, и передаточное число рассчитывается по формуле

$$\frac{8}{24} \times \frac{16}{16} \times \frac{16}{16} = \frac{1}{3}.$$

Нижняя муфта, сцепление слева. 3 скорость – уменьшение скорости мотора в 0,6 раза.

Передача вращения от мотора осуществляется по 5 шестерням, и передаточное число рассчитывается по формуле

$$\frac{16}{16} \times \frac{16}{16} \times \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = 0,6.$$

Нижняя муфта, сцепление справа. 4 скорость – прямая передача без изменения скорости.

Передача вращения от мотора осуществляется по 2 шестерням одинакового размера, и передаточное число рассчитывается по формуле

$$\frac{16}{16} = 1.$$

Таким образом, мы сконструировали механическую коробку передач с возможностью уменьшения скорости максимально в 5 раз. Самое быстрое движение автомобиля будет выполняться при включении 4 передачи – прямая передача крутящего мо-

мента от мотора к колесам, скорость не меняется.

На следующем этапе сборки, мы соединили большой мотор, механическую коробку передач и колеса в единую механическую систему (Приложение, рисунок 13). После установки рычага на КПП и EV3, запустили мотор и проверили работоспособность нашей КПП. Всё получилось! Каждая передача давала свою скорость. Первая тестовая модель получилась на 3 колесах: 2 ведущих и 1 опорное. Такая модель может двигаться только вперед или назад. Необходимо рулевое управление.

3.2. Установка рулевого управления и создание целостной конструкции автомобиля.

При изучении видов сложных механических передач в рулевом управлении, мы заметили, что все эти передачи являются понижающими. Поэтому мы решили сконструировать рулевое управление нашего автомобиля на понижающей зубчатой передаче с передаточным отношением 1 к 3, передающей движение от среднего мотора системе нескольких рычагов, которые и будут поворачивать колеса (Приложение, рис. 14).

Рулевое управление мы установили спереди авто, коробку передач, большой мотор и ведущие колеса – позади авто. В результате, у нас получился заднеприводный автомобиль с механической четырехступенчатой коробкой передач и рулевым управлением на понижающей зубчатой передаче (Приложение, рис. 15).

4. Испытание автомобиля в разных условиях

Мы решили испытать наш автомобиль и провели 4 эксперимента.

4.1. Тестовое управление автомобилем с помощью пульта

Чтобы протестировать автомобиль мы сконструировали пульт управления, который состоит из 3 датчиков касания и одного большого мотора. Два датчика отвечают за повороты автомобиля, третий датчик – за экстренное торможение, большой мотор на изменение скорости и направления движения авто. Конструкция пульта представлена на рис. 16 Приложения.

Программа для управления автомобилем с помощью пульта состоит из 3 подпрограмм (Приложение, рис. 17):

Первая подпрограмма отвечает за рулевое управление: контролирует максимально допустимый угол поворота среднего мотора в обе стороны и при нажатии датчиков касания, вращает шестерни и двигает колеса.

В случае сильного поворота (угол больше 100° или меньше -100°), при нажатии любого из двух датчиков касания, автомобиль поворачивать не будет.

Вторая подпрограмма отвечает за направление движения автомобиля и его скорость. Несмотря на механическое переключение скоростей, в тестовой программе мы оставили возможность мотору двигаться с нарастанием скорости. По программе: все движения большого мотора на пульте управления (вращение в промежутке от -100 до 100°) считаются внутренним датчиком вращения и передаются на большой мотор в КПП [3]. Если большой мотор пульта вращать по часовой стрелке, то автомобиль будет ехать вперед, и плавно набирать скорость, затем против часовой стрелке, автомобиль поедет назад.

Третья подпрограмма необходима для экстренной остановки по нажатию третьего датчика касания.

После запуска автомобиль успешно прошел свой первый тестовый заезд: КП работает исправно, рулевое управление легко справляется с изменением направления движения автомобиля на поворотах.

4.2. Движение по ровной прямой поверхности на время при переключении скоростей с помощью коробки передач

Во втором эксперименте мы сформулировали предположение: если скорость автомобиля изменяется в 5, в 3, в 0.4 и в 1 раз при переключении рычага КП, то за 10 оборотов мотора, автомобиль проедет расстояние во столько же раз меньше максимального при прямой передаче. Программа второго эксперимента запускает большой мотор на максимальную скорость по нажатию одного из датчиков касания, сразу стартует секундомер. После остановки на экран EV3 выводится время выполнения задания. Программа представлена на рис. 18 Приложения.

Теоретические подсчеты: длина окружности колеса=22 см.

При четвертой передаче (прямая) длина пути должна быть равна:

$$22 \text{ см} \times 10 \text{ оборотов} = 220 \text{ см}$$

Мы рассчитали предполагаемую длину пути для каждой передачи и провели экспериментальные измерения (Приложение, рисунок 19), сравнили результаты. Все подсчеты и полученные значения представлены в табл. 1. Мы также предположили, что на практике при движении на четвертой передаче (прямой) будет пробуксовка и путь будет меньше 220 см, например, 200 см.

Таблица 1

Сравнение теоретических подсчетов и практических результатов при запуске авто на 10 оборотов

Первая передача 1/5			Вторая передача 1/3			Третья передача 3/5			Четвёртая передача прямая		
Длины пути (теория), см	Длины пути (практика), см	Время (практика), с	Длины пути (теория), см	Длины пути (практика), см	Время (практика), с	Длины пути (теория), см	Длины пути (практика), см	Время (практика), с	Длины пути (теория), см	Длины пути (практика), см	Время (практика), с
44	43	4,3	73	68	4,4	132	133	4,8	220	218	5,2
	42	4,4		69	4,5		132	4,8		217	5,1
	43	4,4		69	4,6		129	4,8		218	5,1
	40	4,4		66	4,6		134	4,9		213	5,3
	39	4,4		70	4,6		130	4,8		217	5,1

Наши наблюдения:

1. Длина пути автомобиля на практике отличается от теоретической незначительно только при 1 передаче (от 1 до 5 см);

2. Длина пути при 2 – 4 передачах на практике значительно меньше теоретической – до 7 см.

4. Автомобиль проходит свой путь (мотор крутит 10 оборотов) при разных передачах с разным временем: меньше всего времени он затрачивает при 1 передаче, больше всего при четвертой передаче.

Выводы:

1) Чем ниже передача (1/5), тем легче мотор справляется с 10 оборотами и автомобиль за меньшее время проходит свой путь.

3) При увеличении передачи, наблюдается увеличение разницы между теоретическими

подсчетами и практическими измерениями пройденного пути, это объясняется наличием силы трения и пробуксовкой. Чем ниже передача, тем лучше с ней справляется мотор.

4.3. Движение вверх по наклонной поверхности

Третий эксперимент мы провели на наклонной плоскости. Мы поставили задачу: провести наблюдение за движением автомобиля вверх по наклонной плоскости при разных скоростях. Наклон плоскости движения авто мы измеряли с помощью транспортира (Приложение, рис. 20), запускали автомобиль с помощью пульта управления трижды на каждой скорости, результаты записывали в табл. 2.

Таблица 2

Движение автомобиля вверх по наклонной плоскости, расположенной к горизонту под разным углом

Первый наклон 10°

1 передача	Да	Да	Да
2 передача	Нет	Нет	Нет
3 передача	Если тяжело переключается на нейтральную передачу	Да	Да
4 передача	Да, быстро, но трещит и потом переключается на нейтральную скорость и съезжает	Заехал с трудом	Нет

Второй наклон 20°

1 передача	Если сделать скорость немного, то заезжает	Да	Да
2 передача	Нет	Не едет	Не едет
3 передача	Да	Да	Да
4 передача	Нет	Нет	Нет

Третий наклон 30°

1 передача	С треском, редко	Нет	Нет
2 передача	Нет	Нет	Нет
3 передача	Нет	Нет	Нет
4 передача	Нет	Нет	Нет

Таким образом, на первой передаче автомобиль почти всегда справляется с движением вверх, однако слышен треск при самом высоком наклоне – 30°. На второй передаче чаще других слышен треск коробки передач. Это связано не только с большой нагрузкой на КП, но и с плохим зацеплением шестерней.

На третьей скорости первые два наклона преодолевает. Четвертая скорость не предназначена для движения вверх.

4.4. Движение по мягкой поверхности

Ещё один эксперимент мы провели на горизонтальной мягкой поверхности (Приложение, рис. 19), которая отражает реальные условия непроходимости дорог: грязь, снег, земля, трава и др.

Наш автомобиль смог преодолеть такие условия только на первой скорости. При включении других скоростей был слышен треск коробки передач и рычаг сам переключался на нейтральную скорость.

Заключение

В процессе выполнения нашей работы мы изучили информацию о трансмиссии автомобиля и механике рулевого управления. Сконструировали свою демонстрационную модель автомобиля с механической четырехступенчатой коробкой передач, с задним приводом и рулевым управлением на понижающей зубчатой передаче. Внимательно подсчитали передаточное число каждой зубчатой передачи с первой по четвертую скорости и определили возможности для коробки передач: скорость от мотора уменьшается в 5 раз при первой передаче, в 3 раза при второй передаче, в 0,6 раза при третьей передаче и четвертая передача прямая (скорость не меняется).

Для наглядной демонстрации возможностей механической коробки передач и поведения автомобиля в разных условиях мы провели 4 эксперимента и получили следующие результаты:

1) После запуска автомобиль успешно прошел свой первый тестовый заезд: КП работает исправно, рулевое управление легко справляется с изменением направления движения автомобиля на поворотах. Таким образом, мы смогли создать механическую коробку передач, которая способна изменить скорость вращения мотора с помощью переключения шестеренц.

2) Во время второго эксперимента автомобиль мы запускали на разных переда-

чах, при этом мотору задавали 10 оборотов. В результате мы получили, что при увеличении передачи наблюдается увеличение разницы между теоретическими подсчетами и практическими измерениями пройденного пути, это объясняется наличием силы трения и пробуксовкой. Кроме этого, чем ниже передача (1/5), тем легче мотор справляется с 10 оборотами и автомобиль за меньшее время проходит свой путь.

3) Во время третьего эксперимента мы наглядно смогли оценить необходимость первой скорости при подъеме вверх. Только при уменьшении скорости мотора в 5 раз автомобиль может спокойно преодолевать такие препятствия;

4) Также проехать по бездорожью, во время проведения 4 эксперимента, автомобиль смог только на первой скорости.

Мы рекомендуем нашу модель автомобиля с механической четырехступенчатой коробкой передач, с задним приводом и рулевым управлением на понижающей зубчатой передаче демонстрировать в автошколах при изучении особенностей трансмиссии автомобилей и механики рулевого управления.

Список литературы

1. Йосогава Й. Книга идей LEGO MINDSTORMS EV3: 181 удивительный механизм и устройство / пер. с англ. О.В. Обручева. – М.: Изд-во «Э», 2017. – 232 с.
2. Богданова С.М., Попова Е.Е. Благодаря механическим передачам Lego-конструкции оживают / С.М. Богданова, Е.Е. Попова // «Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании»: материалы VII Международной научно-технической конф., 2017. – С. 160–163. Режим доступа- <https://elibrary.ru/item.asp?id=30700400>
3. Вязов С.М., Калягина О.Ю., Слезин К.А. Соревновательная робототехника: приемы программирования в среде EV3: учебно-практическое пособие. – М.: Изд-во «Перо», 2014. – 132 с.
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F>.
5. <http://www.yo-car.net/archives/3423>.
6. <https://avtonov.com/виды-коробок-передач/>.
7. <http://avtomotospec.ru/sovety/obzor-korobok-peredachix-plyusy-i-minusy.html#tops>.
8. <http://autodirection.ru/pokupka-avtomobilya/vidy-privodov-avtomobilej.html>.
9. <https://avtonov.com/что-лучше-передний-или-задний-привод/>.
10. <http://avtomotospec.ru/poleznoe/kakoj-privod-luchshe-perednij-ili-zadnij.html#tops>.
11. <https://voditeliauto.ru/stati/voditelyu-na-zametku/preimushhestva-i-nedostatki-polnogo-privoda-avtomobilya.html>.
12. <http://seite1.ru/zapchasti/rulevoe-upravlenie-osobennosti-vidyustroystvofotovideo/.html>.

Приложение

Преимущества и недостатки современных коробок передач, применение

Вид КПП	Преимущества	Недостатки	Виды автомобилей по типу КПП
Механическая КПП	1)Самый дешевый вариант КПП; 2)Простота конструкции; 3)Низкий расход топлива, высокий КПД; 4)Высокая динамика, позволяющая активно драйвовать (за что механику и любят асы дорог).	Неудобство управления, особенно в бесконечных пробках больших городов, когда требуется постоянная работа педалями и рычагом. Нужно уметь плавно пользоваться сцеплением и правильно выбрать передачу по условиям движения.	Спортивные автомобили (и автомобили со спортивным имиджем) «Жесткие» внедорожники (например, УАЗ) Грузовые автомобили, особенно большегрузные магистральные тягачи
Автоматическая КПП	1)Удобство управления и комфорт: сама едет, сама переключается, нет необходимости выбирать нужную передачу; 2)АКПП способна менять передачу на полной мощности двигателя; 3)При трогании с места на ровной плоскости нет откатывания; 4)Двигатель и ходовая часть благодаря гидротрансформатору защищены от поломок и перегрузок из-за непрофессионального включения передач, что увеличивает их ресурс; 5)Авто с АКПП оборудовано системой пассивной безопасности, предотвращающей самостоятельное движение авто на неровной площадке.	1)Повышенный по сравнению с механикой расход топлива и более низкий КПД из-за потерь в трансформаторе. Хотя при некоторых режимах движения современные АКПП достигают более высокой экономичности благодаря интеллектуальному управлению; 2)Более высокая цена; 3)Более высокая стоимость ремонта и обслуживания; 4)Хуже динамика, рывки при старте (не на всех моделях); 5)Задержки в переключении передач; 6)Заводится только с помощью стартера; 7)При трогании на склоне автомобиль скатывается назад	Большинство машин Также для внедорожников и грузовых автомобилей созданы и серийно выпускаются автоматические трансмиссии, сложность и дороговизна всё ещё не позволяют им вытеснить МКПП в данной области применения.
Роботизированная КПП	1)Высокая экономичность: роботы экономнее механики либо на одном уровне с ней; 2)Робот дешевле, чем АКПП; 3)Имеет небольшой вес; 4)Некоторые модели авто оснащены подрулевыми лепестками, позволяющими переключать передачи очень быстро. А следовательно, у авто отличная динамика.	1)Весьма ощутимы моменты переключений, плавность работы оставляет желать лучшего; 2)Задержка переключения передач; 3)Толчки и рывки при переключениях; 4)Небольшой откат в начале движения; 5)При каждой остановке от нескольких секунд робот требует выключения в нейтрал; 6)Не любит пробуксовок.	Большинство ведущих автопроизводителей, и АвтоВАЗ в их числе, широко используют коробки передач такого типа на транспортных средствах разных классов.
Вариатор	1)Двигатель все время работает в оптимальном режиме; 2)Максимальный уровень комфорта и плавность движения; 3)Экономичность (средний расход топлива: больше, чем МКПП, меньше, чем автомат); 4)Динамичный разгон; 5)Простая конструкция; 6)Быстрота работы (не тратится время на переключение передач. При разгоне пик крутящего момента достигается сразу, обеспечивая тем самым максимальное ускорение автомобиля).	1)Высокая цена; 2)Дорогой ремонт и обслуживание; 3)Категорически не любит пробуксовок; 4)Несовместимость с мощным двигателем из-за недолговечности ремней; 5)Для заднего хода и трогания необходимы дополнительные механизмы; 6)Вариатор боится перегрева, поэтому для эксплуатации необходимо специальное очень дорогое масло с необходимостью замены каждые 50-60 000 км пробега. После 100 000, как правило, требуется замена ремня; 7)В первых моделях авто с вариатором – однообразное гудение мотора, которое трудно выдержать психологически; 8)Меньшая динамика по сравнению с МКПП.	Первая такая коробка появилась в 1959 году, но из-за невозможности в то время решить некоторые технические проблемы, распространения данная КПП на автотранспорте не получила, зато она оказалась неплохим вариантом для мототехники, в частности – скутеров. Вторая попытка использовать вариаторную коробку на авто была в 1984 году. И так постепенно данный тип КПП заинтересовал автопроизводителей и все чаще его стали использовать.