

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

БЕССТУПЕНЧАТЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

Учебно-методические указания для выполнения
лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили»
студентами инженерно-технологического института

по направлению подготовки:
35.03.06 Агроинженерия
профиль: Технические системы в агробизнесе
профиль: Технический сервис в АПК

УДК 629.33 – 585 (076)
ББК 34.445
К 89

Кузьменко, И. В. **Бесступенчатые коробки передач:** учебно-методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили» студентами инженерно-технологического института по направлению подготовки: 35.03.06 Агроинженерия; профиль: Технические системы в агробизнесе; профиль: Технический сервис в АПК / И. В. Кузьменко. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2024. - 36 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по изучению конструкции и работы бесступенчатых коробок передач. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензенты:

к.т.н. доцент Кузюр В.М.,

к.т.н. доцент Самусенко В.И.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии инженерно-технологического института, протокол №8 от 26 марта 2024 года.

© Брянский ГАУ, 2024

© Кузьменко И.В., 2024

БЕССТУПЕНЧАТЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомление с назначением, устройством, принципом действия бесступенчатых коробок передач, деталей, механизмов и устройств, из которых они состоят, особенностями их конструкций.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ: изучить элементы бесступенчатых коробок передач с использованием учебно-методического пособия, обучающих видеороликов, рассмотреть детали системы.

ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:

Видеослайды, видеофильмы, плакаты.

БЕССТУПЕНЧАТАЯ КОРОБКА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ (CVT)

На некоторых современных автомобилях устанавливается бесступенчатая коробка передач, представляющая собой разновидность автоматической коробки. Вариатор, обеспечивающий работу двигателя в щадящем режиме, имеет множество преимуществ, среди которых можно выделить экономичный расход топлива, плавное распределение нагрузок на двигатель.

Вариатор, или бесступенчатая коробка передач, представляет собой особый тип автоматической трансмиссии. Самым распространенным английским названием вариатора является аббревиатура CVT (continuously variable transmission). Автомобиль, оснащенный вариатором, на первый взгляд ничем не отличается от авто с автоматом. Можно увидеть те же две педали, такой же рычаг переключения с такими же режимами. Но при этом принцип работы вариатора в корне отличается от принципа работы АКПП. Вариатор не имеет фиксированной первой, второй или пятой передачи. Переключение происходит очень плавно и совершенно незаметно. Суть работы вариатора состоит в том, что передаточное число он изменяет непрерывно, по мере того, как автомобиль разгоняется или замедляет ход.

Самое интересное, что первый вариатор был изобретен еще в 1490 году знаменитым Леонардо да Винчи. Конечно, в то время просто *невозможно было по достоинству оценить полезность данного изобретения*. Первые автомобили, оснащенные вариаторами, появились в 50-х годах 20-го столетия. Изначально вариатор устанавливали на авто марки daf, затем — на volvo. В последнее время бесступенчатые коробки передач получили широкое распространение.

Автомобили с вариатором до недавнего времени были диковинкой не только в нашей, но и в большинстве других стран мира. Несмотря на то, что первые машины с подобной коробкой передач были выпущены еще в 50-х годах прошлого века, очень долго они не получали широкого распространения. Дело в том, что автопроизводители не могли до конца решить некоторые технические сложности. Но со временем все препятствия были устранены, и сейчас вариаторные трансмиссии переживают настоящий расцвет. Их устанавливают на транспортные средства самых разных классов и назначения.

Большинство автовладельцев привыкли, что переключение передач осуществляется дискретно, то есть ступенчато. В обычной «механике» таких передач чаще всего 5 или 6. «Автоматы» с гидравлическими трансформаторами и гидромuftами могут быть 4-9-ступенчатыми. В этом заключается главный недостаток классических коробок — ограниченность количества ступеней. Из-за этого разгон автомобиля при переходе с одной передачи на другую сопровождается кратковременной потерей мощности и рывками.

Принцип работы вариатора кардинально отличается от других трансмиссий. В нем передаточное число изменяется плавно, поэтому автомобиль ускоряется без рывков и разрыва потока мощности. Машины с вариаторными КПП по своему поведению чем-то похожи на электромобили — их трансмиссия тоже работает бесшумно и с равномерным набором скорости.

Вариатор обеспечивает более точную передачу крутящего момента от двигателя к колесам. Мотор и трансмиссия очень четко реагируют на нажатие педали газа, поэтому управлять машиной с CVT — одно удовольствие. Осо-

бенно популярны бесступенчатые коробки у начинающих водителей, поскольку с данным устройством исключены такие типичные ошибки новичков, как резко брошенная педаль сцепления, заглохший двигатель, слишком позднее или слишком раннее переключение передач.



Рисунок 1 – Вариатор

Вариаторная трансмиссия состоит из ведущего и ведомого шкивов. Первый непосредственно связан с двигателем, а второй — с ведущими колесами.

Вращение от ведущего шкива на ведомый передается с помощью цепного или ременного привода (рисунок 1).

На каждом валу имеется пара конических дисков, которые способны сдвигаться и раздвигаться. В результате изменяется диаметр шкивов и обеспечивается плавное изменение передаточного числа. Рассмотрим работу устройства на конкретном примере (рисунок 2):

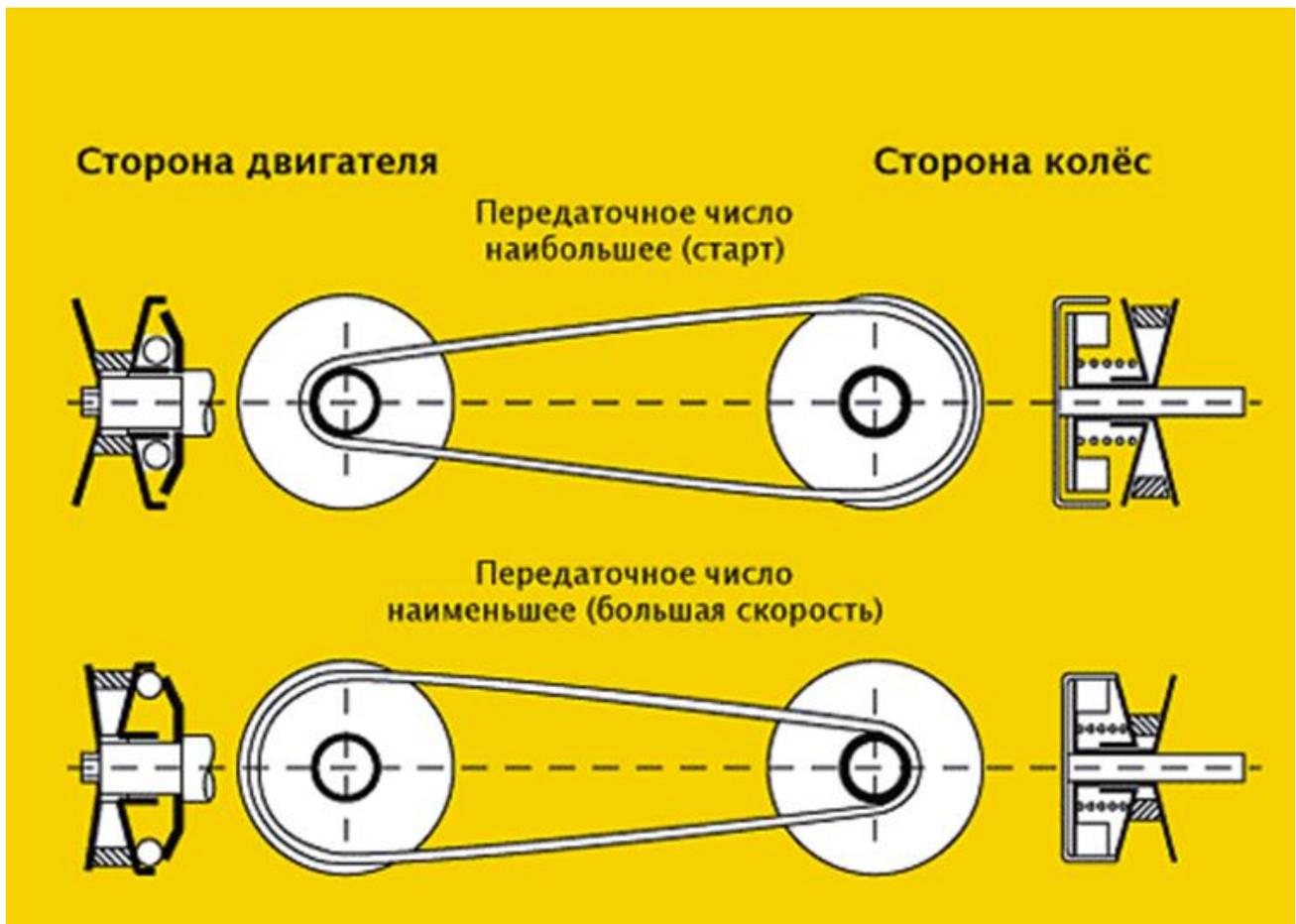


Рисунок 2 – Схема изменения передаточного отношения вариатора

1. Автомобиль начинает движение. На этом этапе конусы ведущего шкива разводятся, а ведомого — сводятся. Обеспечивается максимальное передаточное число и повышенный крутящий момент для уверенного старта.

2. Авто разгоняется. По мере увеличения скорости конусы ведущего шкива постепенно сводятся, а ведомого — разводятся. В результате передаточное число уменьшается, крутящий момент падает, а частота вращения колес увеличивается.

Регулировка конусов осуществляется с помощью пружины и центробежной силы, которая создается гидравлическим приводом (рисунок 3).

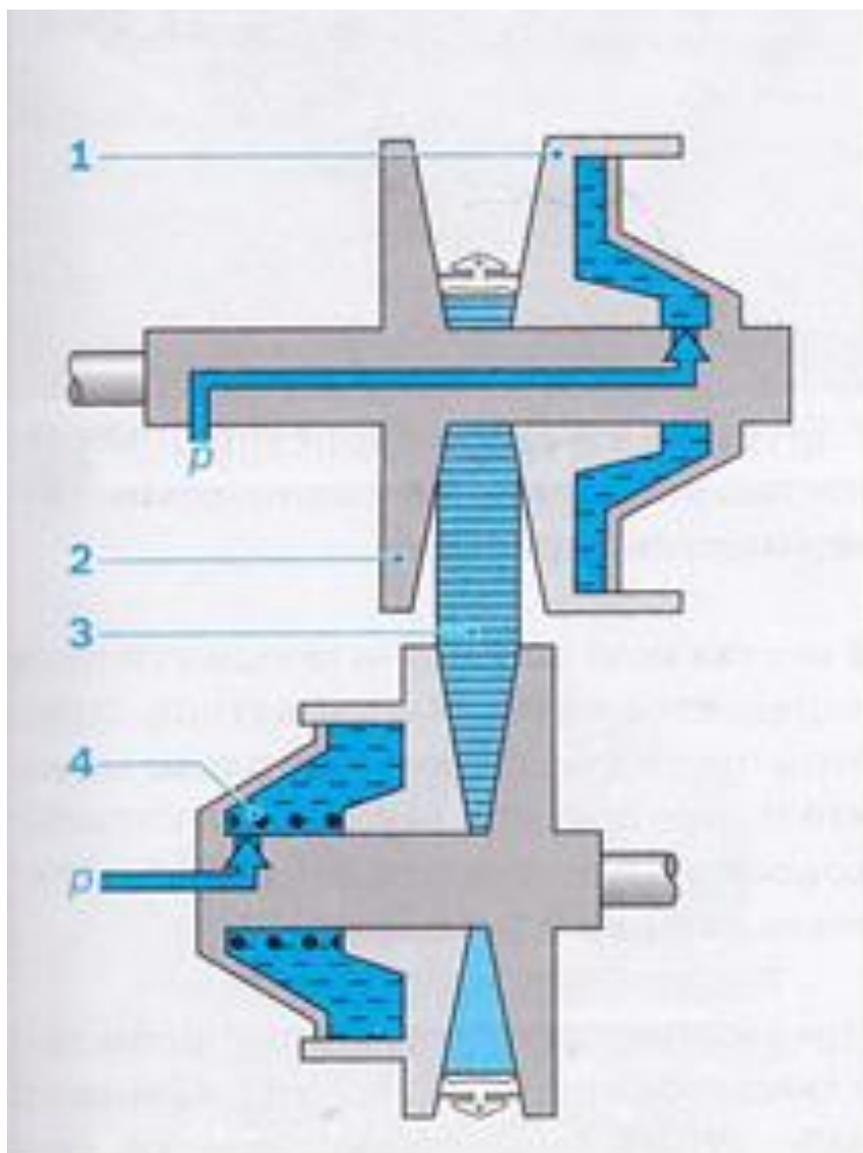


Рисунок 3 – Схема управления шкивами вариатора

Сейчас мы рассмотрели упрощенную конструкцию и алгоритм работы вариатора. На самом деле данная коробка состоит из большого числа механизмов, без которых ее полноценное функционирование невозможно (рисунок 4).

- 1 Двигатель
- 2 Насос
- 3 Гидротрансформатор
- 4 Планетарная передача
- 5 Металлический ремень
- 6 Ведущий шкив (первичный шкив)
- 7 Ведомый шкив (вторичный шкив)
- 8 Дифференциал
- 9 Система электронного управления двигателем
- 10 Электрогидравлический модуль (гидроклапаны, датчики, исполнительные механизмы)
- 11 Кабельная разводка автомобиля

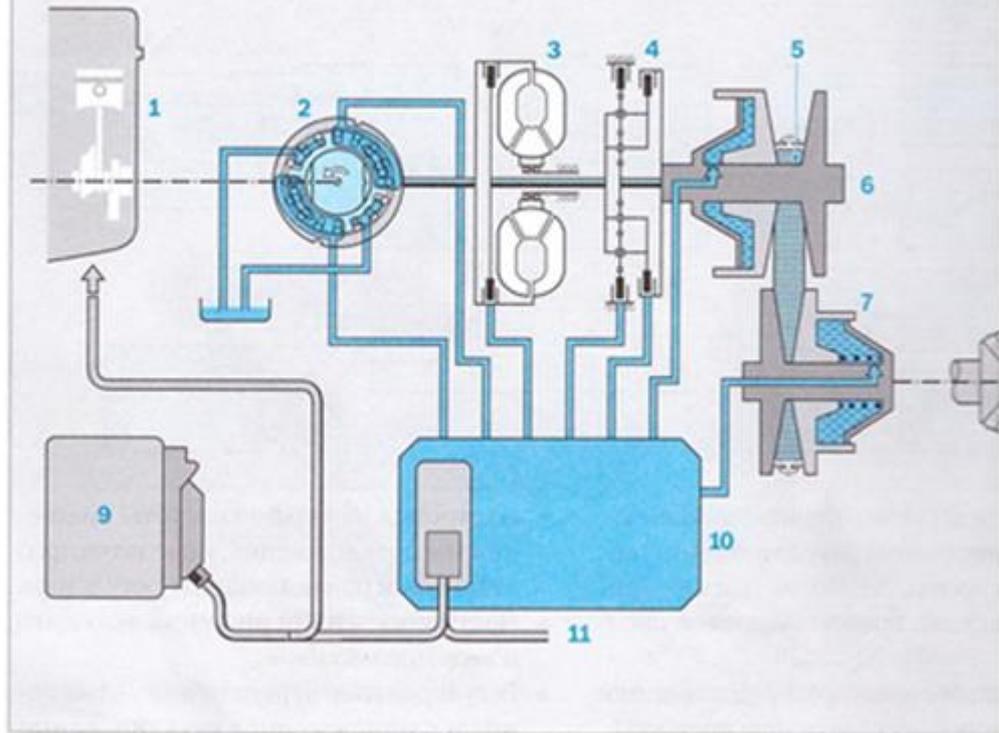


Рисунок 4 – Схема устройства CVT

Например, она не в состоянии сама обеспечить движение автомобиля задним ходом. Для этих целей трансмиссия оснащена планетарным редуктором. Также в конструкции предусмотрено автоматическое сцепление. Оно бывает центробежным, многодисковым, электромагнитным и гидротрансформаторным. Сцепление отвечает за плавную передачу крутящего момента для комфортного ускорения и продления срока службы коробки передач.

Чтобы современные вариаторы работали с требуемой эффективностью, ими управляет мощная автоматика.

Агрегаты оснащаются системой датчиков, которые считывают информацию о всевозможных рабочих параметрах устройства (рисунок 5).

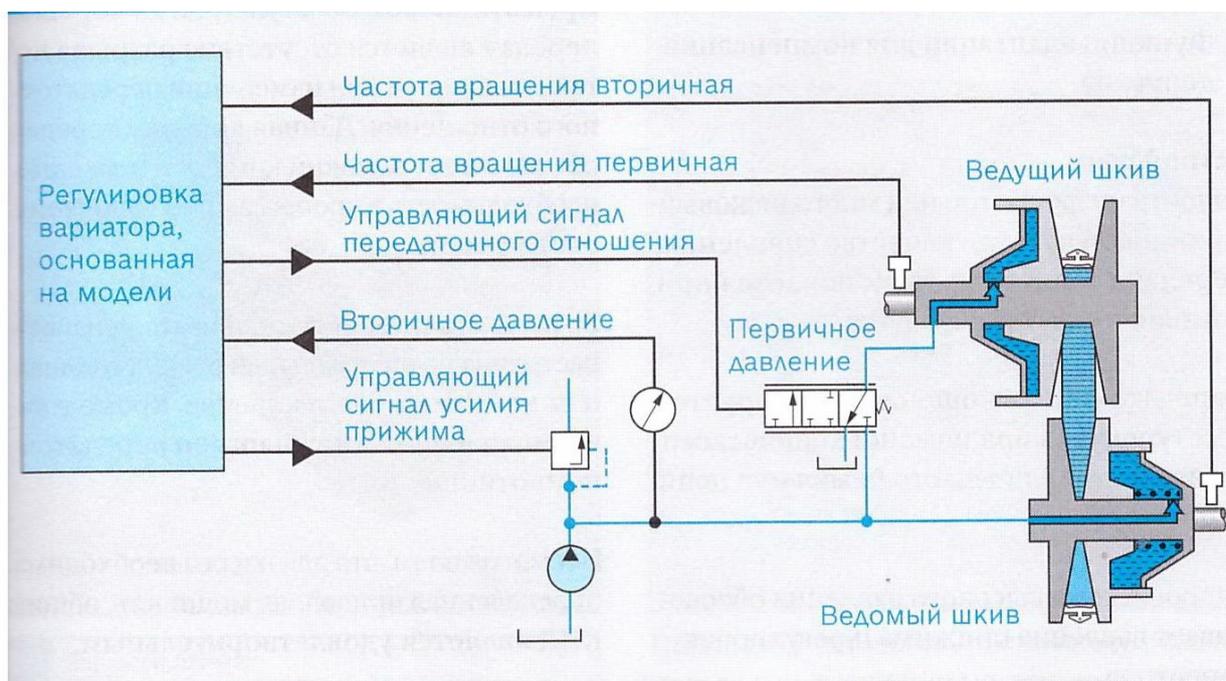


Рисунок 5 – Схема автоматического управления вариатором

Данные поступают в электронный блок управления, где обрабатываются и анализируются. Автоматика в непрерывном режиме отслеживает состояние КПП и изменяет режим ее работы при необходимости.

Как именно вариатор будет менять передаточное число при разгоне, зависит от выбранной программы управления. Если при разгоне на обычном автомобиле мы на каждой передаче раскручиваем двигатель, затем переходим на следующую передачу и так далее, то при наборе скорости автомобиля с вариатором мотор остаётся на одних и тех же оборотах (скажем, на оборотах, соответствующих максимальному крутящему моменту), зато плавно меняется передаточное отношение.

Это создаёт несколько странные ощущения. Жмём газ в пол, мотор выходит на большие обороты, да так и остаётся на них в течение всего разгона, воя как пылесос. Зато темп разгона — высокий, да и на переключения между ступенями время не тратится.

Впрочем, в некоторых случаях вариатор настраивают так, чтобы разгон с ним больше напоминал увеличение скорости с обычной коробкой передач, с

постепенным ростом оборотов мотора.

Разумеется, при попытке заехать на холм и при замедлении авто, несмотря на нажатие педали газа, умный вариатор не оставит «включённой» высокую передачу. Шкивы для уверенного штурма высоты быстро передвинутся обратно — чтобы увеличить крутящий момент на выходе из коробки.

А ещё на некоторых машинах можно выбрать режим с несколькими «виртуальными» передачами (с 6 или даже 8), задаваемыми электроникой. Передачами, между которыми вариатор будет резко перескакивать, словно классическая коробка «автомат». Ещё в этом случае можно переключать «передачи» по собственному желанию. Как на «автомате» с ручным секвентальным (последовательным) режимом.

Таким образом, у вариатора масса достоинств. Но есть и недостатки. Например, сравнительно небольшая, по современным меркам, «перевариваемая» мощность двигателя. Не зря такие коробки начали своё шествие по миру на машинах малого класса. Да и сейчас мощные автомобили — все сплошь и рядом укомплектованы либо «механикой», либо классическими «автоматами», либо роботизированными коробками.

Типы вариаторов

На сегодняшний день существует несколько видов вариаторов, среди которых можно выделить клиноременные, тороидальные, цепные. Самым распространенным считается клиноременный вариатор со шкивом переменного диаметра (рисунок 6).

Устройство клиноременного вариатора

Вариатор оснащен двумя шкивами, выполненными в форме конусов, острые концы которых обращены друг к другу. Клиновидный ремень, зажатый между шкивами, соединяет их. Радиус, с которым ремень огибает ведущий и ведомый шкивы, изменяется, за счет чего происходит плавное изменение передаточного отношения.

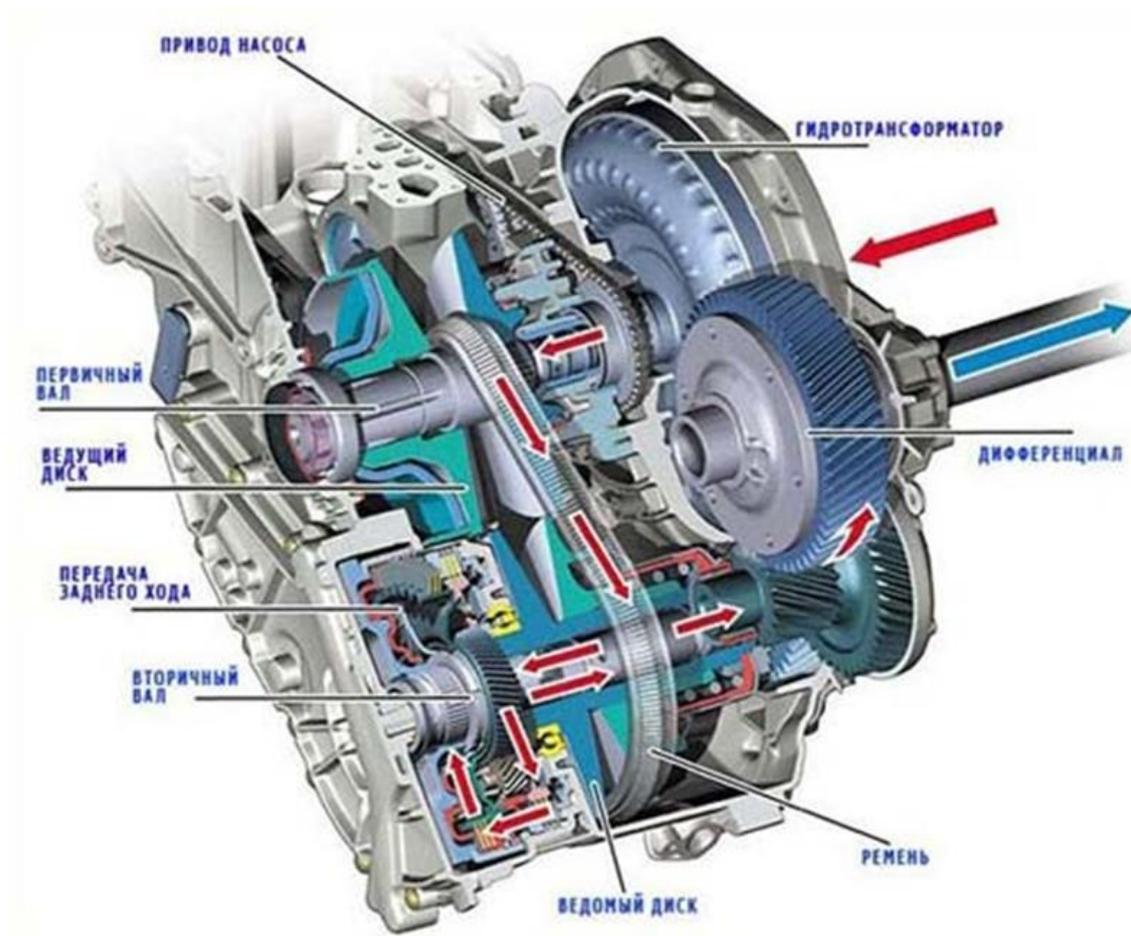


Рисунок 6 – Бесступенчатая КПП с клиноременным вариатором

Обычно ремень представляет собой стальную ленту, которая имеет специальное покрытие. Также может использоваться набор стальных лент со сложным сечением, на которые нанизываются поперечные стальные пластинки, выполненные в форме трапеции (рисунок 7).

Рисунок а
1 Наборное звено
2 Пакет из стальных
полос

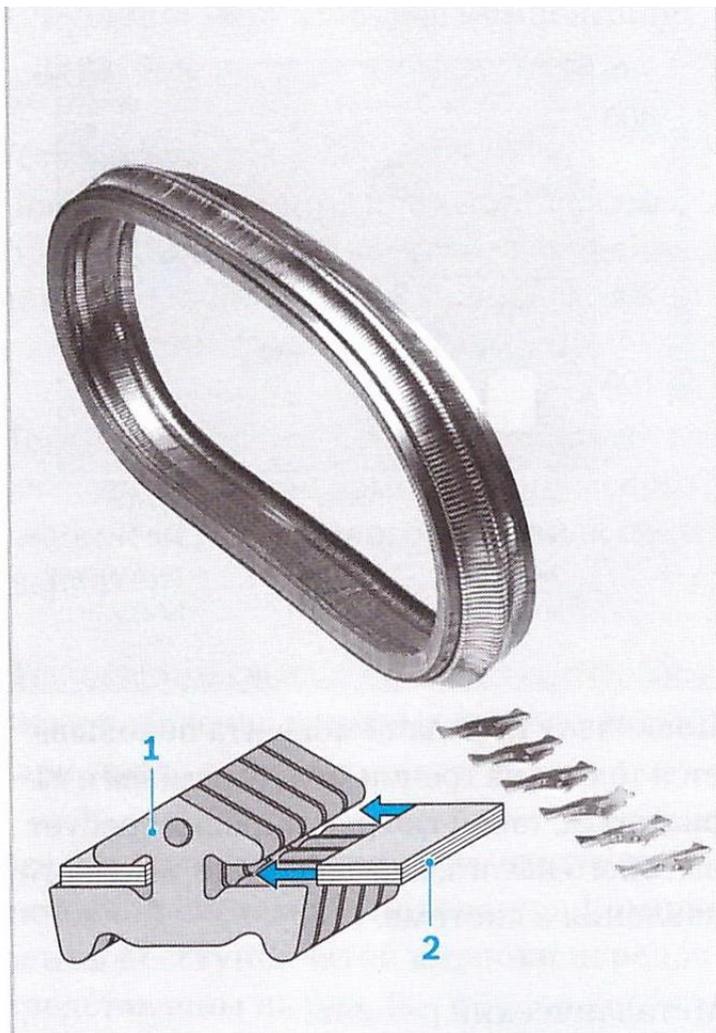


Рисунок 7 – Стальной наборный ремень вариатора

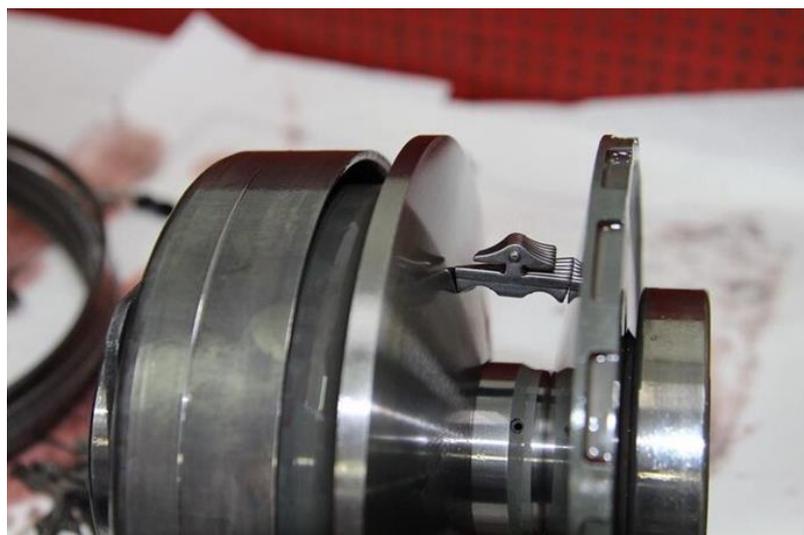


Рисунок 8 – Контактирование наборных пластинок
с коническими шкивами вариатора

Края стальных пластинок соприкасаются со шкивами (рисунок 8). Цепь вариатора - это набор пластинок, собранный продольными металлическими лентами. Звеньев в ремне около 800-1000 штук. И каждое звено должно идеально совпадать по размеру с остальными. К тому же сплав, из которых изготавливают звенья очень износостойкий, ведь постоянные нагрузки не должны "плющить" ячейки, иначе возникнут пустоты, которые за счет люфта будут становиться все сильнее - вплоть до разрушения. Хотя поверхности валов с виду идеально гладкие, это самые нагруженные места вариатора. Представьте двухтонный автомобиль, весь крутящий момент которого удерживается несколькими десятками квадратных сантиметров соприкосновения щечек конусов и боковой поверхности цепи. Давление колоссальное. Малейший срыв масляной пленки приводит к разрушительному воздействию металла об металл. На поврежденном месте смазка больше не удерживается, и износ начинается лавинообразный. Недостаточное давление жидкости, которое слабо прижал конус, общий перегрев масла, локальный перегрев в следствие высокой нагрузки, например при старте "в пол" со светофора - все это приводит к возникновению царапин. Такой вариатор обречен. Никакие присадки, замена масла и фильтров уже не помогут. Ремонтировать тут уже нечего. А в кустарных условиях "шлифануть" валы не представляется возможности - не тот класс точности у оборудования.

А ещё в качестве клинового ремня может выступать широкая пластинчатая стальная цепь, соприкасающаяся с конусами своими краями. Именно такой «ремень» работает в вариаторах машин Audi (рисунок 9).

Интересно, что для смазки цепи применяется особая жидкость, которая меняет своё фазовое состояние под сильным давлением, возникающим в месте контакта со шкивом. Благодаря этому цепь может передавать значительное усилие, практически не проскальзывая, несмотря на очень маленькую площадь контакта.

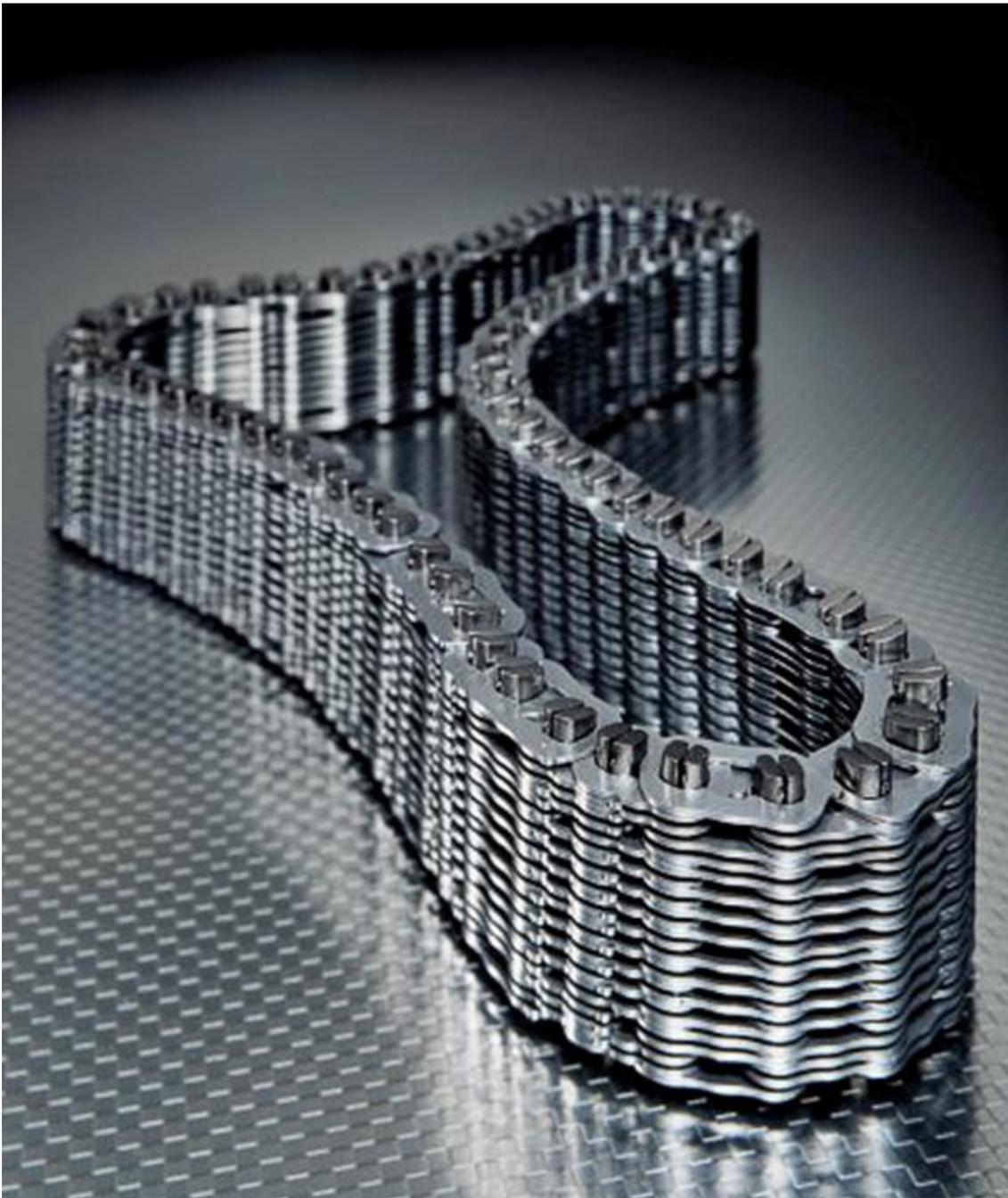


Рисунок 9 - Пластинчатая стальная цепь вариатора Audi

Вариаторные цепи – это разновидность пластинчатых цепей, которые обладают высокой прочностью в сочетании с гибкостью. Их используют в машинах и механизмах, где предъявляются повышенные требования к передаче. С помощью таких пластинчатых изделий обеспечивается бесступенчатое регулирование скоростных режимов и их плавное переключение. Они могут приме-

няться в автомобилях, различных промышленных станках и других видах механизмов.

Вариаторные цепи всех производителей имеют сходные параметры, в России производство регулируется государственным стандартом. Это упрощает поиск подходящего аналога при поломке вариатора из-за поврежденной цепи.

Особенности конструкции вариаторных цепей.

Простая и эффективная конструкция пластинчатых вариаторных цепей обеспечивает им выгодные технические характеристики. Они состоят из металлических пластинок, которые между собой скрепляются ушками, расположенными на двух пластинках одновременно. Такая система обеспечивает прочность соединения при сохранении высокой гибкости. Материалом для изготовления служат металлы и сплавы с высокой устойчивостью к механическим нагрузкам.

Специальная конструкция позволяет соблюдать высокую точность оборотов вращающегося механизма. Кроме того, при переключении соблюдается заданный уровень крутящего момента.

Эта разновидность приводных цепей обладает несколькими важными особенностями:

1. Плавная регулировка скорости. С их помощью можно обеспечить бесступенчатое изменение скорости вала для комфортного и безопасного использования механизма. Автомобили с вариаторной коробкой передач обладают отличной управляемостью.

2. Долговечность. По этому критерию цепная передача значительно превосходит ременную. Конструкция с пластинками способна долгое время выдерживать высокие нагрузки. Скажем, на Audi A4 2.0 TFSI клиноременный вариатор Multitronic (с цепью) без проблем справляется с потоком в 200 «лошадей».

3. Универсальность. Цепи этого типа могут использоваться в различных сферах промышленности, автомобилестроении, грузоподъемном и сельскохозяйственном оборудовании.

Принцип работы клиноременного вариатора

Работа клиноременного вариатора основывается на том, что изменение диаметра шкивов, ответственным за которое является специальный привод, происходит согласованно, в зависимости от того, в каком режиме работает двигатель.

Когда автомобиль начинает движение, конические диски находятся в максимально разжатом состоянии, поэтому диаметр ведущего шкива является наименьшим. С ведомым шкивом в этот момент складывается противоположная ситуация, так как он имеет наибольший диаметр из-за максимального сжатия конических дисков.

Если обороты двигателя растут, диаметр ведущего шкива возрастает, вызывая уменьшение диаметра ведомого шкива. Из этого следует, что передаточное число также должно уменьшаться. При дальнейшем разгоне авто вариатор отвечает за поддержку оптимальных оборотов двигателя. Таким образом, удается достичь максимальной мощности и наилучшей динамики транспортного средства.

Преимущества и недостатки вариатора

Автомобили, оснащенные вариатором, имеют значительные преимущества по сравнению с авто, оборудованными другими видами коробок. Среди самых важных достоинств можно выделить возможность быстрого старта, экономичный расход топлива. Кроме этого, механизмы привода обеспечивают плавное распределение нагрузок на двигателе. Так как мотор работает под электронным управлением, он постоянно находится в щадящем режиме, что хорошо влияет на его эксплуатационные характеристики.

Главным плюсом для большинства производителей стала простота бесступенчатой трансмиссии по сравнению с традиционными гидромеханическими «автоматами». Такая коробка передач дешевле, что позволяет сделать машину массовой и доступной.

Ещё одна причина массового распространения вариаторов в автомобилях — высокий коэффициент полезного действия при размеренном движении.

Электроника и гидравлика бесступенчатой трансмиссии выбирают такое передаточное число, при котором расход топлива сводится к минимуму. В отличие от «механики» и «автомата» его можно менять плавно, удерживая динамические характеристики максимально близко к идеалу. В результате автомобиль становится экономичным и экологическим безопасным.

Именно эти причины стали причиной постепенного отказа от гидромеханических коробок передач — простота, дешевизна, экономичность и экологичность вариаторов.

Но бесступенчатая трансмиссия даёт преимущества не только для производителей. Водители также получают множество плюсов:

1. Плавный старт без рывков, вибраций и ударов.
2. Низкую нагрузку на двигатель благодаря работе в оптимальном диапазоне оборотов.
3. Меньший вес автомобиля, который улучшает разгон и снижает расход топлива.
4. Больше пространство в салоне — вариатор занимает меньше места по сравнению с «автоматом».
5. Сниженный уровень шума и вибрации.
6. Быстрый подбор нужного передаточного числа, отсутствие разрывов при передаче крутящего момента колёсам.

Конечно, вариатор не лишен своих недостатков. Принято считать, что все CVT как один ненадежные и имеют крайне ограниченный ресурс. На самом деле многое зависит от того, как именно происходит эксплуатация – вариатор не позволяет такие вольности как механическая и автоматическая коробка передач. Так, нежелательна агрессивная езда с резкими "низкими стартами", длительное движение с постоянной высокой скоростью и буксировка прицепа при полной нагрузке. Крайне рекомендуется избегать пробуксовок в снегу и грязи. Следует помнить, что для CVT вредно резкое восстановление сцепления колес с поверхностью после проскальзывания. Буксировка с выключенным двигателем без вывешивания ведущей оси обернется выходом вариатора из строя. Как

вы, наверное, уже поняли CVT очень не любит нагрузки и экстремальные режимы. Во-первых, вариаторы не подходят для автомобилей с двигателями большой мощности. Во-вторых, в качестве наполнителя трансмиссии можно использовать только специальную жидкость, цена которой превышает стоимость обычного масла. Нужно постоянно следить за уровнем этой жидкости. Точная и бесперебойная работа вариатора зависит от слаженной работы многих датчиков. Если выйдет из строя хотя бы один из них, трансмиссия не сможет работать в нормальном режиме.

Столкнувшись с конструктивными недостатками бесступенчатой трансмиссии, некоторые производители отказались от неё на 10–20 лет. Но с появлением новых технологий эксперименты продолжились. Всё началось с гидротрансформатора — как и в «автоматах», здесь он разрывает поток крутящего момента при торможении и плавно наращивает мощность во время старта. Для уменьшения нагрузок на вариатор инженеры создали алгоритм принудительной блокировки гидротрансформатора. Сейчас этот узел жёстко фиксируется при выходе на равномерный режим движения.

Японские компании Aisin и Jatco также предложили альтернативный принцип действия вариатора на автомобиле. Они ввели в него механическую «первую передачу». Во время старта шкивы такой бесступенчатой трансмиссии блокируются при помощи шестерни с фиксированным передаточным отношением. По мере роста скорости происходит расцепление, и работа переключается на ремень. Это также замедляет износ узла.

Водители также жаловались на шумность ранних вариаторов. Дело в том, что эти коробки передач выбирали оптимальные обороты двигателя и далее меняли только передаточное отношение шкивов. В результате равномерный гул мотора быстро надоедал присутствующим в салоне, вызывая ощущение усталости и раздражения. Чтобы справиться с таким недостатком, инженеры предложили «виртуальные передачи». Это фиксированные положения ремня на шкивах, которые допускают некоторое изменение оборотов двигателя. В некоторых

автомобилях предусмотрено даже ручное переключение между такими режимами работы.

Негативные отзывы также касались «скучного» поведения машин, в которых установлен вариатор. Решение также нашлось в электронном управлении. Программисты предложили водителям «спортивные» и «экономичные» режимы, которые изменяли диапазон допустимых оборотов двигателя. С появлением вариаторов в кроссоверах также началась разработка «грунтовых» и «снежных» программ, повышающих проходимость и замедляющих износ трансмиссии.

В некоторых автомобилях вариатор работает по другому принципу. В тороидальной трансмиссии нет ремня. Её основа — два конических шкива, которые устанавливаются на одной оси на расстоянии в пару сантиметров или даже миллиметров друг от друга. Они соединены роликами, вращающимися в вертикальной плоскости и поворачивающимися в горизонтальной.

Когда ролики смещаются вперёд, они соприкасаются с большим диаметром ведущего шкива и меньшим диаметром ведомого, позволяя получить понижающую передачу. Повернув их назад, можно получить повышающую передачу. Теоретически, такая конструкция должна была быть меньше, легче, прочнее и надёжнее клиноременных и цепных вариаторов. Но эксперименты компаний Mazda, Ford, Nissan, Jatco и Torotrak показали, что тороидальная трансмиссия оказалась очень дорогой в производстве и обслуживании. Из-за чрезмерно высокого трения в пятне контакта ей требовались сверхпрочные сплавы и масла, рассчитанные на работу при экстремально высоких температурах.

Как обеспечить безаварийную работу вариатора?

Чтобы вариатор работал как можно дольше без сбоев и неполадок, необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- Следить за уровнем жидкости, вовремя ее заменяя.
- Стараться не нагружать трансмиссию при езде по бездорожью, при буксировке автомобиля, а также в зимнее время в начале хода автомобиля.

- Следить за точной работой датчиков, проверять проводку на наличие обрывов.

- Если во время движения автомобиля возникают неполадки, не нужно заниматься ремонтом вариатора самостоятельно. Необходимо срочно провести диагностику на выявление кодов неисправностей.

- Плавно трогаться с места и отказаться от резких манёвров.

- При поездках на большие расстояния периодически менять режим движения — иногда сбавлять скорость.

- Отказаться от выезда на бездорожье, даже если вариатор установлен на кроссовере с полным приводом и высоким клиренсом.

- Своевременно менять масло и выбирать оригинальные расходные материалы, рекомендованные производителем.

- При каждом визите на сервис проверять систему охлаждения трансмиссии и чистить её при необходимости.

- При необходимости перемещать автомобиль с вариатором на эвакуаторе и отказаться от буксировки других машин.

- При остановках дольше 2 минут переводить селектор управления трансмиссией в положение P или N. При коротких паузах делать этого не стоит.

Жидкость для вариатора и увеличение ресурса CVT

Правильный выбор жидкости для вариатора гарантирует безотказную работу. Ресурс CVT зависит от правильной эксплуатации и своевременной замены жидкости.

При работе вариатора давление на пятнах контакта может достигать нескольких тонн. Поэтому так важен правильный подбор рабочей жидкости для вариатора. В обычной автоматической коробке передач одна из задач масла – минимизировать коэффициент трения на сопряженных деталях. А жидкость для вариатора, напротив, должна обеспечивать максимальное трение в точке контакта. Нужно это для передачи крутящего момента без проскальзывания. В

противном случае износ увеличивается, что приводит к катастрофическим последствиям.

Подобные эксплуатационные характеристики обеспечивают пакеты присадок, каждый из которых производитель подбирает путем рутинных, многочасовых испытаний. Основой для любой жидкости, предназначенной для вариатора, является высококачественное синтетическое масло, которое получают путем каталитического гидрокрекинга или гидроизомеризации.

К подобным маслам относятся масла из групп III, III+. Они обладают высокими эксплуатационными характеристиками с точки зрения износоустойчивости, смазочной способности, дополнительной растворимости.

Жидкость для вариатора может конкурировать с маслами группы IV. Это относится к таким параметрам, как температуры предела текучести и устойчивости к окислению.

Межсервисные интервалы обслуживания вариатора варьируются от 30 до 60 тыс. км. Все зависит от модели авто и типа жидкости, а также характера эксплуатации. Цветовую гамму жидкостям придают красители. Делается это для удобства эксплуатирующих организаций. По цвету можно определить тот или иной тип жидкости. Смешивать их нельзя. Это приведет к разбалансировке пакета присадок. И неприемлемым эксплуатационным свойствам.

Ресурс CVT зависит от своевременной замены масла. И соблюдения правил эксплуатации. Лучший способ замены жидкости - методом замещения. Это обеспечивает полную смену масла. При этом увеличивается расход на 1-3 литра. Но на что не пойдешь ради увеличения долговечности.

Полная замена жидкости и своевременное обслуживание обеспечивают:

- продление ресурса шкива и ремня;
- защиту деталей гидроблока управления;
- стабильное функционирование при рабочих температурах и нагрузках.

Ресурс вариатора также зависят от его конструкции. Выделяют клинноремненные, тороидальные и гидростатические CVT. В последних используются насосы с переменным объемом, которые прокачивают жидкость к гидростати-

ческим моторам. Тороидальные же состоят из двух валов, между которыми расположены ролики. А клиноременная конструкция считается классической, так как включает шкивы с переменным диаметром, которые соединяет ремень.

Как увеличить ресурс CVT?

Увеличить ресурс вариатора можно двумя способами. Первый - это соблюдать правила эксплуатации. Стоит помнить, что правильно подобранное масло не решает проблемы при неправильном использовании коробки передач. Оптимальные эксплуатационные характеристики обеспечиваются только при номинальной температуре. Следовательно, необходим прогрев перед поездкой.

Также недопустим перегрев жидкости и агрессивный режим вождения. Кроме того, пробки и холодные зимы усугубляют ситуацию. Несвоевременное обслуживание добавляет проблемы для клапанного механизма и соленоидов с блоком управления.

Еще больше опасностей поджидают водителей, которые эксплуатируют автомобили по пересеченной местности. При преодолении неровностей возможно увеличение заводских зазоров и вытягивание ленты или поломка датчика скорости, которая сопровождается его переходом в аварийный режим. Перед владельцем автомобиля встают дополнительные проблемы сохранения ресурса CVT. В российских условиях он редко превышает 200 тыс. км.

Второй способ увеличить ресурс вариатора - это использование металло-керамических составов в масло. Металлокерамика не является присадкой к маслу и не меняет его физико-химические свойства. Одна упаковка рассчитана, как правило, от 7 до 11 литров масла в вариаторе. Восстановительный состав компенсирует износ на поверхностях пятен контакта сопряженных узлов трения. В результате получается износоустойчивый металлокерамический слой, который убирает пинки и гул, устраняет посторонние шумы и увеличивает ресурс вариатора вплоть до 100 тыс.км.

Неисправности вариаторов и возможность их устранения

Вариаторы стали массово применяться на легковых автомобилях гораздо позже автоматических трансмиссий остальных видов, а в России их узнали сравнительно недавно. Возможно, еще и поэтому вариаторы вызывают много вопросов и отпугивают потенциальных покупателей, особенно когда речь заходит о возможном ремонте. Между тем ремонт является вполне разумной и выгодной альтернативой покупке нового или контрактного (с пробегом) вариатора. Многие производители выпускают необходимые запчасти и одобряют восстановление изношенного агрегата. За такие работы берутся даже некоторые официальные дилеры, хотя часто и они доверяют непосредственное восстановление вариатора профильным мастерским.



Рисунок 10 – Детали CVT

Если вы пытаетесь распознать данные проблемы, имейте в виду, что муфта гидротрансформатора не имеет постепенного включения. Она блокируется, когда частота оборотов двигателя достигает примерно 1500 во время разгона, и не выключается при замедлении, пока скорость не упадет примерно до 10 миль в час (16 км/ч). В обычных автоматических трансмиссиях, напротив, муфта ГДТ, как правило, включается после переключений 1-2/2-3 и имеет контролируемое проскальзывание, которое необходимо в тех агрегатах для улучшения ходовых характеристик и повышения экономии топлива.

Профилактическая замена ремня вариатора при ремонте, подразумевающим его разборку (например, при обновлении подшипников), является разумной инвестицией и залогом длительной безотказной работы агрегата.

По опыту сервисменов, вариаторные ремни разных типов имеют сравнимый ресурс и изнашиваются в схожей степени. У пластинчатого ремня стираются боковые поверхности пластин, контактирующие со шкивами, а у штифтового — поперечные штифты.

Практика показала, что шлифовка рабочих поверхностей конусов особенно сильно сокращает ресурс вариаторов, предназначенных для тяжелых автомобилей с мощными моторами. Зачастую такого ремонта не хватает даже на 20 000 км.

Из-за неполадок в системе управления двигателем работа вариатора может сопровождаться отчетливыми рывками, причем даже без перехода в аварийный режим. Удары при переводе селектора в положение «драйв» или «нейтраль» иногда возникают из-за банального разрушения опоры двигателя.

Отдельная история — шумная работа вариатора. Очень часто неопытные сервисмены приговаривают подшипники агрегата, хотя виновниками являются «чужие» подшипники — например, ступичные или подвесной подшипник на промежуточном валу привода.

После отсеивания сторонних виновников переходят к углубленной диагностике самого вариатора. Неисправности в механической части заставляют

полностью разбирать агрегат. Если захандрила система управления, можно отделаться, к примеру, снятием поддона и гидроблока.

Неисправности в механической и управляющей частях вариатора выявить гораздо сложнее по сравнению с автоматами. Тут поможет только углубленная компьютерная диагностика. Ведь, в отличие от АКПП, у вариатора нет характерного проявления проблем в механике именно «на горячую», а в управлении — «на холодную». Ничего не даст и проверка общего давления масла. Сложно судить о состоянии вариатора по цвету и запаху масла — разве что по количеству металлической стружки в нем или на магните поддона. Если ее много, дни вариатора сочтены.

По оценкам сервисных предприятий, средний ресурс вариаторов не превышает 150 000 км. Конечно, среди них есть как откровенно слабые, так и довольно живучие агрегаты, причем даже одного производителя. Яркий пример — вариаторы Jatco серий JF015E и JF011E, которые устанавливаются в основном на машины концерна Renault-Nissan и автомобили Mitsubishi. Вариатор JF015E идет в паре с атмосферными бензиновыми моторами 1.6 (Nissan Juke и Renault Fluence) и редко перебирается через рубеж 100 000 км без ремонта. А модель JF011E предназначена для более мощных двигателей объемом от 2,0 литра (Nissan Qashqai, Mitsubishi Outlander, Renault Koleos) и обычно живет дольше 150 000 км.

Заметно меньший ресурс вариаторов по сравнению с гидромеханическими автоматами объясняется особенностями конструкции. У автоматов за переключение передач отвечают пакеты фрикционов, работающие в масляной ванне, — то есть в них нет характерного металлического трения. А у вариаторов, пусть и в присутствии смазки, идет постоянный контакт многозвенного ремня с конусами. Подобная конструкция сильнее подвержена износу. По этой причине основные ремонтные операции сводятся к обновлению механической части — ремней, шкивов и их подшипников.

Из-за постоянного трения в паре ремень — шкивы неизбежно образуется обильная металлическая пыль, с которой рано или поздно перестает справлять-

ся система фильтрации. Поэтому для продления жизни вариатора важно с интервалом хотя бы 50 000 км менять масло, чтобы удалить смертоносные продукты износа. Важно помнить, что есть как минимум два фильтра. Сетчатый элемент грубой очистки в металлическом корпусе (установлен в поддоне) можно промыть, а вот традиционный бумажный (обычно расположен сбоку корпуса) надо обязательно заменить.

Своей конструкцией современные вариаторы практически наполовину повторяют гидромеханические автоматы: есть гидротрансформатор, планетарный редуктор и гидроблок с соленоидами. Из отличающихся деталей — шкивы и ремень. Именно они больше всего подвержены износу.

Ремень (пластинчатого или штифтового типа) является расходником, а легкие повреждения рабочих поверхностей конусов некоторые сервисы предпочитают зашлифовывать. Снятие даже небольшого слоя металла неизбежно снижает прочностные характеристики конусов и, соответственно, сокращает дальнейший ресурс. Раньше такой подход имел смысл из-за отсутствия запчастей на рынке, а сегодня новые шкивы в сборе с подшипниками и даже отдельно доступны для большинства машин.

Восстановлением гидротрансформаторов занимаются специализированные фирмы. Они располагают необходимым оборудованием для обязательной балансировки собранного узла.

Еще одна частая ремонтная операция — замена подшипников шкивов. Их износ заявляет о себе заметным гулом. Трудоемкость и цена замены подшипников зависят от конструкции. Если они идут только в сборе со шкивами (или с полукорпусом вариатора), шансов подобрать неоригинальные детали и успешно их установить мало. Попытки перепрессовки подшипников часто приводят к непоправимым деформациям как корпуса, так и шкивов. Если подшипники поставляют отдельно, замена проходит гладко.

Довольно часто встречается износ посадочного места редукционного клапана в корпусе масляного насоса. Виновата металлическая пыль, попадающая на контактные поверхности. Рано или поздно клапан начинает подклини-

вать, давление масла в гидросистеме выходит за пределы нормы, и это приводит к рассогласованию в работе шкивов и проскальзыванию ремня, что вызывает рывки и подергивания при езде. В таком случае насос подлежит обязательной замене.

Замена подшипников дифференциала не вызывает сложностей, но вариатор придется снимать с автомобиля и разбирать. Невысокий ресурс связан либо с заводским браком, либо с повышенным износом из-за перегрева агрегата. Поверхностные царапины на рабочих поверхностях масляного насоса можно зашлифовать: у шестерён и корпуса узла не очень высокий класс точности обработки. Такая манипуляция экономит приличные деньги, ведь новый насос стоит достаточно дорого.

Остальная механическая часть вариатора страдает редко, за исключением подшипников дифференциала. Обычно их износ связан с сильным перегревом масла (этим грешат и классические автоматы). С заменой подшипников сложностей не возникает, они доступны по отдельности. Элементы планетарного редуктора практически не изнашиваются. Поэтому в случае форс-мажорных повреждений можно смело использовать детали бывшие в употреблении. Гидротрансформаторы успешно ремонтируют, но при восстановлении вариаторов это приходится делать намного реже, чем при ремонте классических автоматов. Обычно под замену идут только фрикционы механизма блокировки.

Принципиальные конструктивные схемы гидроблока вариатора и гидромеханического автомата идентичны, однако у вариатора этот узел менее ремонтпригоден. Для его гидроблоков соленоиды не поставляют как отдельные запчасти, и восстановление их посадочных поверхностей в корпусе узла не практикуется. Впрочем, подобные неисправности для вариаторов — большая редкость. Обычно при капитальном ремонте всё ограничивается разбором и полной промывкой гидроблока (рисунок 11). При поломке любого соленоида его меняют.

Качественный ремонт вариатора немислим без полноценной мойки всех элементов. Некоторые профессиональные мастерские приобретают соответствующие промывочные установки.

У вариатора и классического гидромеханического автомата принципиальные конструктивные схемы гидроблоков идентичны. В лабиринты каналов встроены сетчатые фильтры, которые необходимо заменить при разборке и промывке узла.

Неисправный блок управления вариатором (как расположенный отдельно, так и встроенный в «мозги» двигателя) отправляют на ремонт в профильные фирмы. Там ремонтируют и плату, и софт. Впрочем, подобные поломки относятся к экзотическим.

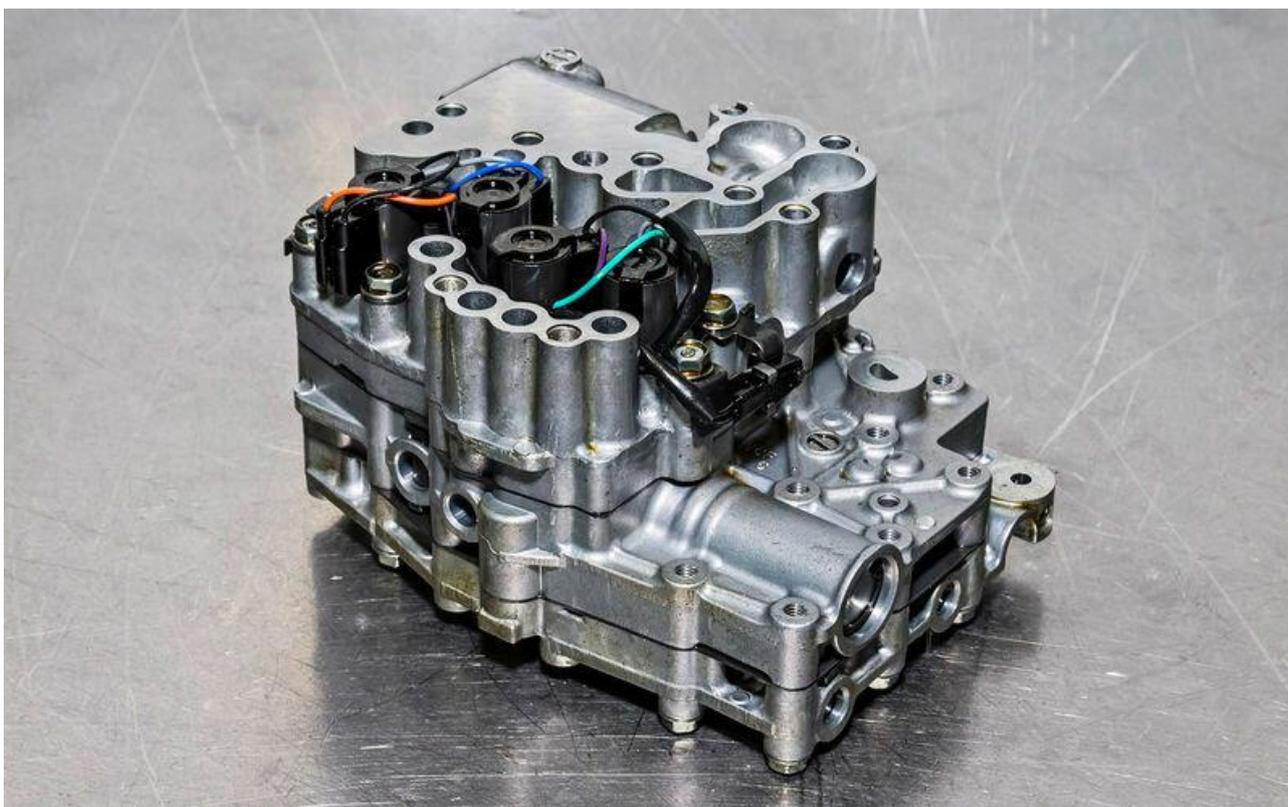


Рисунок 11 – Гидроблок бесступенчатой КПП

После завершения ремонтных процедур следует тщательно промыть систему охлаждения вариатора — включая все трубки, оставшиеся на автомобиле

после снятия агрегата. Этим пренебрегать нельзя, иначе коварная стружка поставит крест на всей дорогостоящей работе.

В ряде случаев отремонтировать вариатор смысла нет. Полноценное восстановление обходится слишком дорого, а ресурс оказывается непростительно мал, каким бы профессионалом ни был мастер. Причина — чрезмерная сложность некоторых моделей.

В этом случае встает выбор: брать более доступный контрактный вариатор или дорогостоящий новый? И это тот случай, когда лучше не экономить. Шансов найти в нормальном состоянии экземпляр бывший в употреблении неремонтопригодной модели мало, не больше 10%. Благо, на рынке есть независимые поставщики новых вариаторов, у которых разумные ценники. Проще всего выйти на них через клубные сервисы конкретной марки автомобиля.

Характерный пример — вариатор Jatco JF015E. За его полноценный ремонт возьмут от 150 000 рублей, а новый можно найти за 200 тысяч. Так стоит ли рисковать?

Полноценный капитальный ремонт вариаторов оценивают в 120 000–150 000 рублей — это раза в полтора дороже, чем восстановить среднестатистический гидромеханический автомат. Основной вклад в столь высокий ценник вносит дорогостоящая парочка ремня — шкивы. Добросовестные ремонтники дают гарантию на один год или 20 000 км.

Полноценное восстановление вариатора потребует значительно бóльших затрат, чем покупка контрактного агрегата. Иногда даже вдвое бóльших. Но любой бэушный узел — это кот в мешке. С другой стороны, не каждый агрегат в силу своих конструктивных особенностей поддается успешному ремонту, гарантирующему длительный ресурс, сопоставимый с ресурсом нового узла. Поэтому многие профильные сервисы даже не берут их в работу.



Рисунок 12 – Элементы планетарной передачи

Существенный износ элементов планетарной передачи — большая редкость даже для вариаторов с приличным пробегом. Чаще всего он возникает из-за неадекватной эксплуатации. Пожалуй, единственное, что может прикончить пакет фрикционов в планетарном редукторе вариатора, - очень сильный перегрев.

При выборе мастерской нужно отдавать предпочтение тем, кто сотрудничает с дилерами и производителями, а также клубным сервисам с хорошей репутацией. Некоторые из таких площадок имеют свой подменный фонд восстановленных вариаторов с соответствующей гарантией или помогут найти новый за разумные деньги. К примеру, если ремонт агрегата станет в 150 000 рублей, то поставить восстановленный вместо вышедшего из строя обойдется в 110 тысяч.

При эксплуатации автомобиля с вариатором нужно помнить важное правило: при первых симптомах неисправности необходимо сразу обратиться в сервис. Это как поход к зубному: чем раньше обращаешься, тем меньше хлопот и расходов.

Выводы

Далеко не все дилеры занимаются ремонтом вариаторов. Это связано не только с позицией официальных техцентров, но и с конструктивными особенностями некоторых вариаторов.

Для качественного восстановления узла необходимо держать в штате высококвалифицированный персонал, специализирующийся именно на ремонте вариаторов, а это непозволительная роскошь. Некоторые СТО в принципе не хотят связываться с такими специфическими и ответственными ремонтными работами.

Не для всех вариаторов доступны в виде запчастей главные элементы по отдельности. Это делает их ремонт нецелесообразным. Например, для вариаторов Audi нельзя достать новые шкивы, поэтому у дилеров нет другого выхода, кроме как менять агрегат в сборе. А, к примеру, у вариаторов Subaru невозможно отдельно поменять подшипники шкивов — только вместе с конусами, тем не менее, ремонт остается целесообразным.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие КПП называют бесступенчатыми?
2. Назовите основные части бесступенчатой трансмиссии.
3. Принцип действия CVT.
4. Как происходит изменение передаточного отношения в бесступенчатой КПП?
5. Что такое вариатор?
6. Каким образом происходит изменение взаимного расположения конических шайб шкивов вариатора?
7. Посредством каких элементов передаётся вращение от ведущего к ведомому шкивам вариатора?
8. Опишите устройство и принцип действия металлического ремня.
9. Опишите устройство и принцип действия цепи вариатора.
10. Опишите принцип автоматизации процесса изменения передаточных отношений во время движения в бесступенчатых КПП.
11. Каким образом в CVT происходит включение задней передачи?
12. Какой механизм в абсолютном большинстве случаев передаёт вращение от двигателя к входящему валу КПП бесступенчатой трансмиссии?
13. Типы жидкостей, применяемых в вариаторах и особенности их применения?
14. Опишите регламенты и периодичность технических обслуживаний CVT?
15. Каков механизм изнашивания деталей бесступенчатой трансмиссии?
13. Назовите положительные стороны применения бесступенчатых КПП.
14. Назовите отрицательные стороны применения бесступенчатых КПП
15. Укажите возможные варианты ремонта и замены бесступенчатых КПП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов А.К., Лопарев А.А., Судницин В.И. Конструкция тракторов и автомобилей. М.: КолосС, 2007. 286 с.
2. Конструкция тракторов и автомобилей / О.И. Поливаев, О.М. Костиков, А.В. Ворохобин, О.С. Ведринский. СПб.: Изд-во «Лань», 2013. 288 с.
3. drive.ru
4. [drom.ru>info/misc/28115.html?all=1](http://drom.ru/info/misc/28115.html?all=1)
5. perevozka24.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	3
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	3
ОБОРУДОВАНИЕ И НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ.....	3
БЕССТУПЕНЧАТАЯ КОРОБКА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ (CVT).....	3
<i>Типы вариаторов.....</i>	<i>10</i>
<i>Преимущества и недостатки вариатора.....</i>	<i>16</i>
<i>Жидкость для вариатора и увеличение ресурса CVT.....</i>	<i>20</i>
<i>Неисправности вариаторов и возможность их устранения.....</i>	<i>23</i>
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	33
ЛИТЕРАТУРА.....	34

Учебное издание

Кузьменко Игорь Владимирович

БЕССТУПЕНЧАТЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

Учебно-методические указания для выполнения
лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили»
студентами инженерно-технологического института

по направлению подготовки:
35.03.06 Агроинженерия
профиль: Технические системы в агробизнесе
профиль: Технический сервис в АПК

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 11.09.2024 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,09. Тираж 25 экз. Изд. №7723.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ