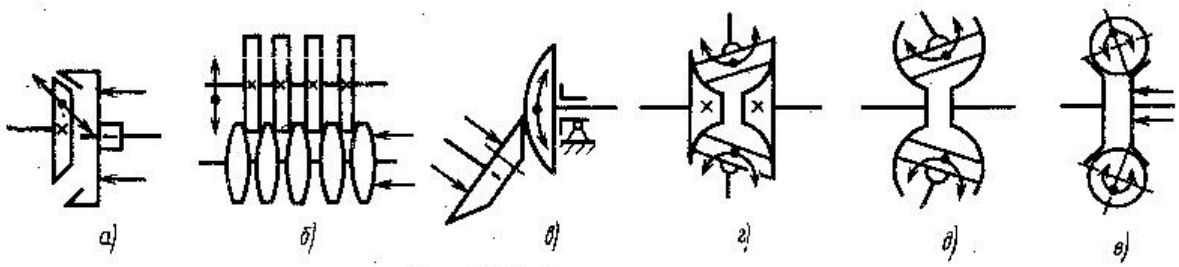
ЛЕКЦИЯ 6. ИМПУЛЬНЫЕ ВАРИАТОРЫ

Регулирование скорости рабочих органов машины в соответствии с требованием технологического процесса является важной функцией трансмиссии машины . Необходимость в этой функции очевидна применительно к автомобилю, в котором трансмиссия должна менять скорость машины в зависимости от профиля дороги. Но и и в стационарных машинах, например, в транспортерах сушильных и покрасочных машин, в насосах-дозаторах и многих других по назначению машинах эта функция актуальна.

В течение многих десятилетий эта задача решалась с помощью ступенчатых коробок скоростей или механических бесступенчато регулируемых передач, называемых вариаторами. Вариаторы решали задачу лучшим образом, но далеко не всегда они могли быть применены из-за их органических недостатков. И в настоящее время можно назвать много областей техники, где все еще применяются ступенчатые передачи. Наиболее яркий пример этого – автомобилестроение. Прогресс в области гидравлических и электрических регулируемых передач в наши дни вытесняет ступенчатые передачи и вариаторы в стационарных машинах, но в автомобилестроении ситуация характеризуется положением, в котором ступенчатые коробки перемены передач получили почти исключительное применение. Вариаторы признаны заменить коробки перемены передач в автомобиле, но процесс этот происходит медленно и противоречиво. В последние годы развитие электромобилей и гибридов решает в том числе и задачу регулирования хода машин на более высоком техническом уровне, но нерешенные вопросы электропитания электромобилей от аккумуляторных батарей и этот путь оказывается заторможенным.

На рис.6.1 показаны схемы фрикционных вариаторов, некоторые из которых были использованы для создания вариатора для автомобиля



СХЕМЫ ФРИКЦИОННЫХ ВАРИАТОРОВ

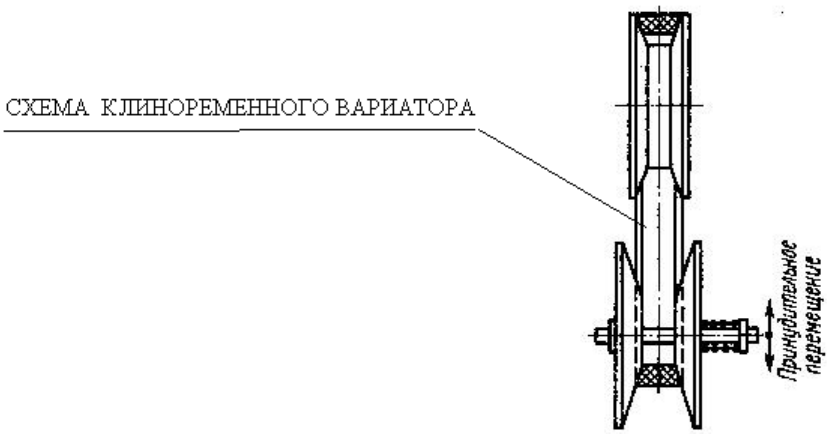


Рис.6.1. Схемы фрикционных вариаторов.

а – схема конического вариатора. б – схема многодискового вариатора. Г – торовый вариатор

Однако, можно в настоящее время указать на применение только одной схемы фрикционного вариатора в трансмиссии автомобиля, а именно, это вариатор CVT с раздвижными коническими дисками . Тем не менее, несмотря на многолетние работы над совершенствованием этих вариаторов таких крупных производителей автомобилей, как Дженерал Моторс, Ауди, Хонда и Ниссан, известно применение вариаторов CVT только в легковых автомобилях с объемом двигателя не более 2,8 литра и вращающим моментом 280 Нм, при этом расход топлива составляет 9,7 литра на 100 км, что на 0,2 литра меньше, чем в машинах с обычной КП.

Таким образом, актуальным является поиск таких технических решений, которые решали бы проблему кардинальным образом. Такое решение, по нашему мнению, только тогда может завоевать рынок, когда наряду с экономией расхода топлива будут предложены решения, упрощающие конструкцию силового агрегата и сообщающие ему новые полезные свойства.

В связи с изложенным было обращено внимание на так называемой импульсный вариатор – механическую бесступенчатую передачу, в которой при равномерном вращении входного вала на выходной вал вращение передается непрерывными вращательными импульсами. Целесообразно все многообразие схем импульсных вариаторов по принципу их действия разделить на два типа: инерционные, называемые также инерционными трансформаторами крутящего момента, и с изменяемым размером звена .Поскольку мы не можем привести успешного применения инерционного вариатора, то здесь рассматриваются только импульсные вариаторы с изменяемым размером звена (ИВ).

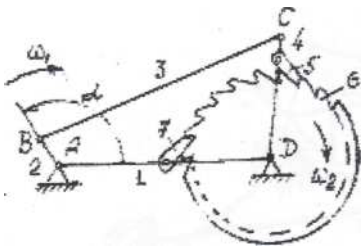


Рис. 6.2

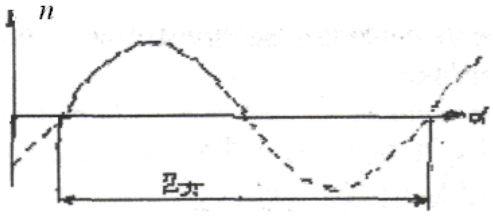


Рис.6.3

Для уяснения принципа действия описываемых механизмов рассмотрим работу механизма, представленного на рис.2. Он состоит из шарнирного четырехзвенника 1-2-3-4 и храпового механизма 4-5-6-7. При вращении кривошипа 2 коромысло 4 совершает качательное движение; при движении коромысла 4 по направлению вращения часовой стрелки собачка 5 храпового механизма будет захватывать храповое колесо 6 и сообщать ему вращательный импульс; при качании коромысла в противоположную сторону собачка 5 будет свободно скользить относительно храпового колеса, а обратному вращению храпового колеса будет препятствовать собачка 7.Таким образом, вращательное движение кривошипа в этом механизме превращается во вращательное движение с остановками храпового колеса. Если коромысло 4 шарнирно соединено с валом Д, а храповое колесо посажено на него неподвижно, то вал Д будет вращаться с остановками. Зависимость угловой скорости храпового колеса n от угла α поворота кривошипа 2, называемая тахограммой, изображена на рис 3.

Участки тахограммы над осью абсцисс соответствуют вращению храпового колеса. Пунктиром показана скорость коромысла при его движении независимо от храпового колеса.

С точки зрения использования механизма по рис.6. 2 в качестве передачи, например, вместо зубчатой, он обладает рядом недостатков. Отметим пока только один из них, а именно, движение ведомого вала Д с остановками. Оказывается, этот недостаток может быть устранен, для этого достаточно применить несколько аналогичных механизмов, имеющих общие валы А и Д и одинаковые размеры звеньев, только кривошипы четырехзвенников должны быть сдвинуты по фазе относительно соседних на постоянный угол

$$\alpha_0 = \frac{2\pi}{\kappa} \quad , \qquad (6.1)$$

где к – число четырехзвенников

На рис.6.4 показана такая система из трех четырехзвенников . Мы назвали ее преобразующим механизмом (ПМ) ,поскольку он преобразует вращение кривошипов в колебательное движение коромысел. Механизмы , образующие ПМ , названы элементарными (ЭМ). При изображении ПМ или ЭМ мы не изображаем обгонную муфту (обгонной муфтой является , например , храповой механизм на рис.6.2. Надо отметить, что мы изобразили в качестве обгонной муфты храповой механизм , поскольку он упрощает объяснения. В действительности в импульсных вариаторах применяются обгонные муфты , которые мы опишем далее) И далее при рассмотрении работы ПМ мы не изображаем обгонных муфт , хотя всегда подразумеваем, что они имеются.

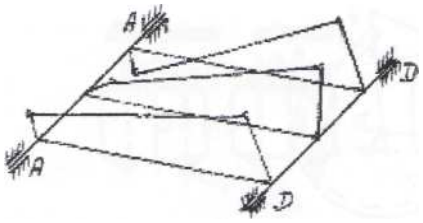


Рис.6.4

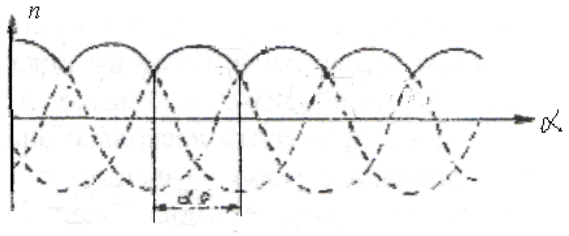


Рис.6.5

Для понимания работы ПМ необходимо обратить внимание на особенность работы обгонной муфты. Она заключается в том, что обгонная муфта осуществляет одностороннюю кинематическую связь между ведущими и ведомыми деталями. Это значит, что при одном направлении скорости ведущих деталей относительно ведомых наступает между ними кинематическая связь(то есть они движутся совместно), при изменении направления относительной скорости на обратную эта связь отсутствует и, значит, ведущие и ведомые детали обгонной муфты двигаются независимо. Если нарисовать тахограмму движения коромысел ПМ по рис.6.4, то она изобразится в виде системы одинаковых периодических кривых, (рис.6.5), но сдвинутых по оси абсцисс одна относительно другой на постоянный угол α_0 . Тахограмма ведомого вала , который соединен с обгонными муфтами ,а коромысла ПМ свободно качаются на этом валу, будет представлять собой верхнюю огибающую кривых , представленных на рис. 6 .5 (сплошная линия на рис.6. 5) . Это является следствием того, что коромысла движутся с разными скоростями (из-за сдвига по фазе их кривошипов), и только то коромысло является ведущим в данный момент времени, которое движется с наибольшей скоростью.

И еще важно отметить, что механизм с несколькими ЭМ (Рис.6. 4) представляет собой передачу с постоянным передаточным отношением, поскольку ведомый вал в этой передаче движется со скоростью хотя и колеблющейся, но, если рассматривать ее среднее значение, она остается постоянной. Чтобы преобразовать такую передачу в вариатор необходимо иметь возможность на ходу и под нагрузкой изменять размер одного из звеньев в ЭМ. Такие устройства называются регулирующими механизмами (РМ)и они описаны нами ниже.

В течение нескольких десятков лет в СССР несколькими коллективами велись поисковые научные и конструкторские работы по созданию импульсного вариатора для бесступенчатой трансмиссии автомобиля и трактора. Такие коллективы работали в Одессе под руководством профессора В. Ф. Мальцева, в Челябинске под руководством профессора М. Ф. Балжи, в Москве в Бронетанковой академии им Малиновского под руководством докт. Техн. Наук А. А. Благонравого и в Ярославле под руководством докт. Техн. Наук А. Е. Кроппа. Такой интерес инженерной общественности к импульсным вариаторам объясняется тем, что эти передачи обладают широким диапазоном регулирования (от выбранной максимальной скорости вращения выходного вала вариатора до его нулевой скорости, то есть такого положения, когда ведущий вал вращается с номинальной скоростью ,а ведомый вал неподвижен.) Такое свойство импульсных вариаторов представляет большой интерес для создания бесступенчатых трансмиссий автомобилей, поскольку позволяет изменять передачи в трансмиссии без размыкания кинематической цепи и обойтись в трансмиссии без муфты сцепления. Немалый интерес также представляли те схемы импульсных передач, которые относительно просто могли быть сделаны автоматическими.

Однако все импульсные передачи обладали тем недостатком, что в них применяются обгонные муфты. Обгонная муфта является аналогом храпового зацепления, ее еще называют механизмом свободного хода и автологом. Обгонные муфты находят применение во многих машинах, но в трансмиссии автомобиля условия их работы настолько тяжелые, как по передаваемому вращающему моменту, так и по частоте включений, что известные обгонные муфты оказались непригодными для трансмиссии автомобиля с импульсным вариатором. Поэтому большинство работ перечисленных коллективов было сосредоточено на создании схем и конструкций обгонных муфт, которые были бы способны работать в условиях трансмиссии автомобиля. Нам представляется, что основным результатом работ этих коллективов явилось создание таких обгонных муфт. В частности, три схемы таких обгонных муфт и их работоспособные конструкции были созданы в Ярославле. Далее мы подробно опишем их.

После того, как в лаборатории Ярославского государственного технического университета были созданы схемы и конструкции обгонных муфт, пригодных для использования их в трансмиссии автомобиля , перед коллективом лаборатории встал вопрос о создании схемы и конструкции импульсного вариатора (ИВ) с новыми обгонными муфтами для бесступенчатой трансмиссии автомобиля. Принципиальная трудность в создании такого ИВ заключалась в следующем.

Традиционно каждая разработка вариатора для трансмиссии автомобиля, в том числе и импульсного, заключалась в том, что новый вариатор устанавливался вместо ступенчатой коробки скоростей. Следование этой традиционной схеме приводило к тому, что разработанные ИВ по габаритно- весовым характеристикам существенно уступали ступенчатым коробкам скоростей. Это объяснялось тем, что при создании ИВ традиционно стремились получить на его выходном валу малые колебания скорости. Это означало применение в ПМ четырех или пяти ЭМ, что и приводило к громоздкой конструкции, которая по габаритно – весовым характеристикам была неприемлемой для трансмиссии автомобиля.

И еще. Импульсные вариаторы, которые были известны к тому времени поражали простотой, ябы сказал примитивностью конструкции. Было сразу видно – эта конструкция не для автомобиля.

Я думаю, что настоящей аудитории будет интересно и поучительно познакомиться с этими конструкциями, предшественниками наших разработок.

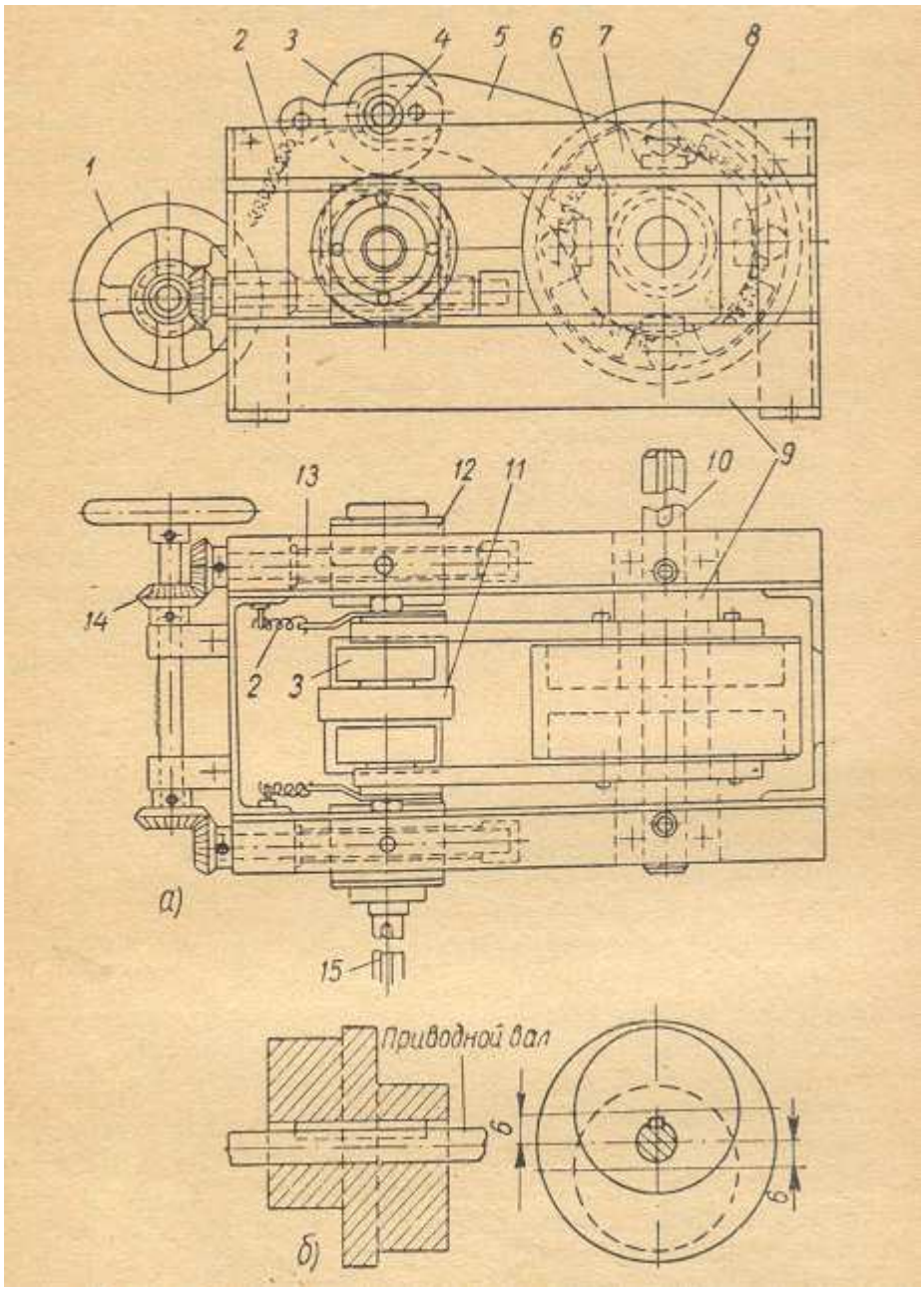


Рис.6.6

На рис.6.6 приведена конструкция импульсного вариатора КЛТ-2 выпускавшегося фабрикой «Уралобувь» в 50-е годы прошлого столетия. В этом вариаторе ведущий вал 15 приводился от электродвигателя, на валу 15 располагались два эксцентрика 11(см. также рис.6.6,b), расположенные со сдвигом по фазе на 180°. На ведомом валу 10 располагались две роликовые обгонные муфты 8, каждая из которых встроена в рычаг 5. Рычаг 5 на конце имел ролик 3, который находился в контакте с эксцентриком, поскольку пружиной 2 был прижат к нему..

При вращении ведущего вала 15 рычаг 5 приводится в качательное движение, которое передается обгонной муфте, которая заклинивает при движении рычага 5 на половине оборота ведущего вала и передает вращение на выходной вал 10.Поскольку эксцентриков 11 два и они сдвинуты по фазе на 180° ведомый вал совершает непрерывное вращение.

Регулирование скорости ведомого вала осуществляется передвижением ведущего вала 15 с помощью привода 1 по салазкам рамы. При этом менялось межосевое расстояние между ведущим и ведомым валами. Недостатком такого способы регулирования заключалось в том, что осложняется привод от электродвигателя да и диапазон регулирования ,видимо, был небольшой.

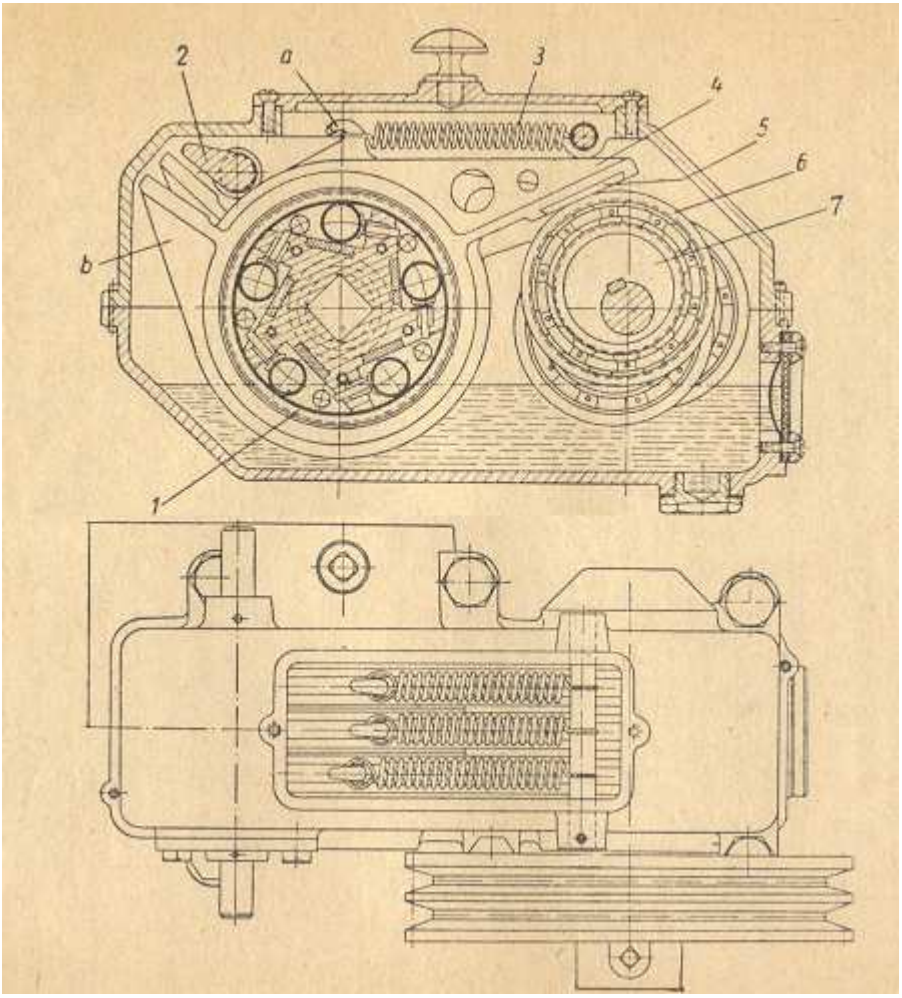


Рис.6.7

На рис.6.7 приведена конструкция вариатора, который применяется в приводе питателей хлопкоочистительных машин. Он серийно выпускался до 80 годов прошлого столетия заводами «Узбекхлопкомаш» и «Ташсельмаш». Здесь на ведущем валу установлены три эксцентрика 7, которые повернуты один относительно другого на угол в 120°. Каждый эксцентрик 7 приводит в качательное движение через подшипник 6 рычаг 4, расточке которого размещена роликовая обгонная муфта 1. Рычаг 4 прижат к эксцентрику пружиной 3. Каждый рычаг 4 приводит ведомый вал только на угле 120° поворота эксцентрика. Включение в работу одного рычага 4 и выключение другого происходит автоматически, поскольку только та обгонная муфта находится в заклиненном состоянии, которая вращается с наибольшей скоростью и это имеет место на угле в120°поворота эксцентрика.
Каждый рычаг имеет выступ, а в корпусе вариатора имеется вал с кулачками 2. Поворотом кулачка рычаги могут быть выведены из контакта на части оборота эксцентрика . В этом и заключается регулирование..
Недостатком такого способа регулирования является удар который имеет место при каждом касании эксцентрика рычага 4.

На рис 6.8 конструкция вариатора, которая в несколько измененном виде выпускалась в ГДР и поставлялась в СССР в лакокрасочную промышленность для насосов регулируемой производительности.

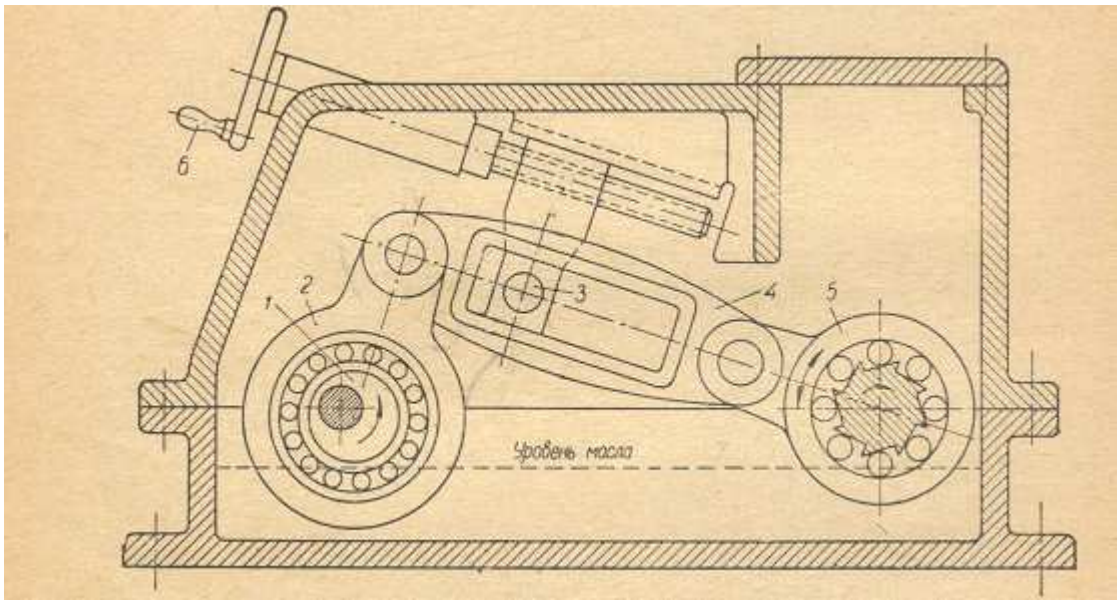


Рис.6.8.

В этой конструкции на ведущем валу размещались три эксцентрика 1 повернутые один относительно другого на угол в 120°. На каждый эксцентрик 1 на подшипнике установлен шатун 2, который присоединен к кулисе 4. В пазу кулисы 4 размещена опора 3. Таким образом кулиса 4 может качаться относительно опоры 3. Другой конец кулисы 4 присоединен к наружной обойме обгонной муфты 5, расположенной на ведомом валу .

Амплитуда качания обоймы 5 зависит от положения опоры 3. При изменении положения опоры 3 с помощью механизма 6 мы можем изменить положение опоры 3 и тем самым изменить скорость вращения ведомого вала вариатора.

На рис.6.9 и 6.10 приведена конструкция импульсного вариатора, который производился в Германии и применялся в приводе металлорежущих станков, конвейеров и других машин. Электродвигатель прифланцованный к корпусу вариатора приводит ведущий вал 9 с насаженными на него эксцентриками 6 , 14 и диском 16. В диске 16 выполнена кольцевая канавка , в которую входят пять роликов узлов привода ведомого вала 12.

Дальнейшее удобно объяснять на рис.10. На этом рисунке ведущий вал 1эксцентрики 2 и 3, а диск 5 посажен на эксцентрик 3 на подшипник 4. В паз диска 5 входит ролик 6, сидящий на конце рычага7, рычаг 7 посажен на вал 8, на котором посажена роликовая обгонная муфта встроенная в зубчатое колесо 9 Зубчатое колесо находится в зацеплении с зубчатым колесом 10, сидящем на ведомом валу 11.

И таких валов 8 по окружности расположено пять, естественно со связанными с ним деталями. Эксцентрики 2 и 3 определяют эскцентричное положение диска 5 на валу 1. В результате диск 5 не вращаясь совершает плоско –параллельное движение которое приводит в качательное движение рычаг 7. Скорость этого движения рычага 5 в направлении , приводящем заклинивание обгонной муфты, изменяется в широких пределах, но в каждый данный момент времени только та обгонная муфта оказывается заклиненной и передающей движение на выходной вал, которая вращается с наибольшей скоростью. Таким образом, пять обгонных муфт последовательно одна за другой осуществляют привод ведомого вала. Регулирование скорости ведомого вала осуществляется изменением эксцентриситета диска 5 относительно ведущего вала 1. Эта операция осуществляется поворотом эксцентрика 3 относительно эксцентрика 2. Этот поворот осуществляется включением довольно сложного планетарного механизма, описывать который мы не будем. Диапазон регулирования скорости ведомого вала от нуля оборотов до 1000оборотов в минуту..

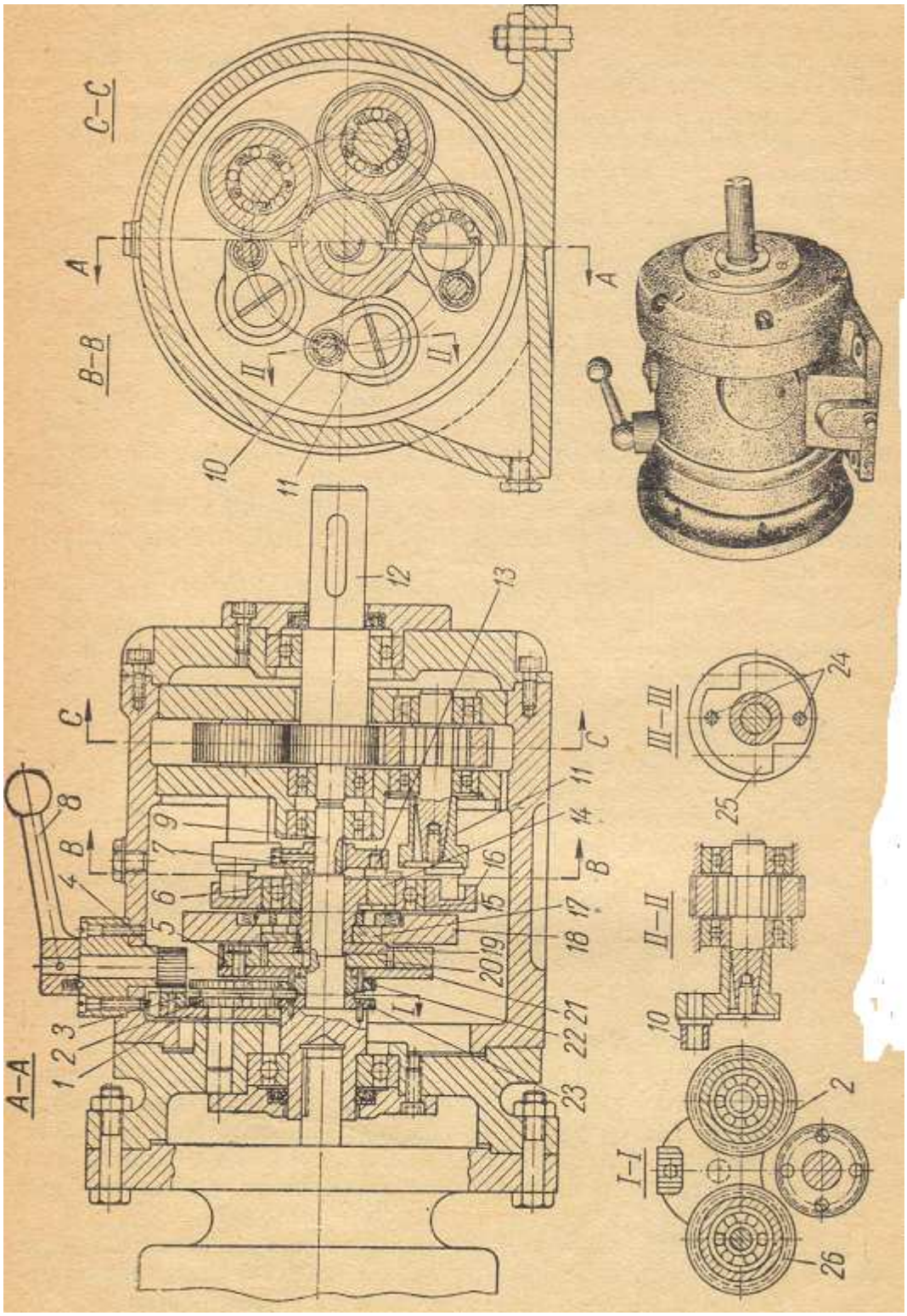

С–С
В–В
А–А
I–I
II–II
III–III
А
В
С
I
II
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

Рис.6.9

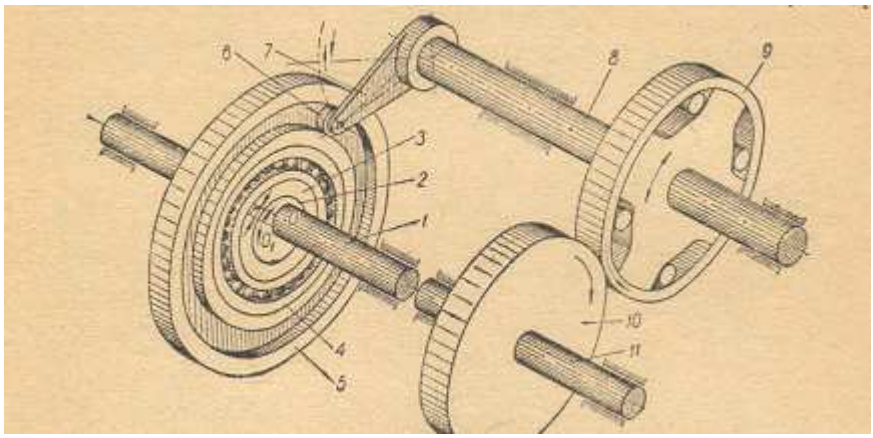


Рис.6.10

Наши работы имели целью создать вариатор для автомобиля. Но имея перед собой приведенные выше образцы и многие другие, аналогичные по конструкции и по области применения, мы понимали, что наша задача очень сложная. Тогда мы поставили перед собой более скромную задачу, а именно, создать импульсный вариатор для привода стационарных машин. Это означало, что вариатор должен обладать свойствами редуктора и быть способным передавать большие вращающие моменты. Как показывал наш опыт такие вариаторы представляли большой интерес для ряда отраслей промышленности, хлебопекарной, в производстве искусственных волокон, в различных по назначению транспортеров и т. п.

Вариатор был назван ВК, он , как и описанные выше, состоял из преобразующего механизма, ПМ, обгонных муфт(были применены клиновые обгонные муфты) и регулирующего механизма, РМ.

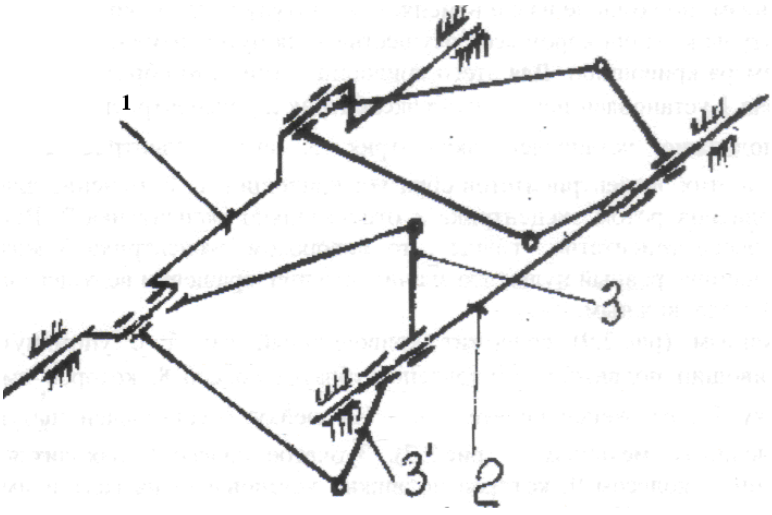


Рис.6.11

В вариаторе ВК применен ПМ , состоящий из двух шесизвенников (Рис.6.11) По существу, в этом ПМ применена система из четырех четырехзвенных механизмов, которые попарно объединены таким образом, что каждая пара имеет один общий кривошип . В этом преобразующем механизме имеется ведущий вал 1 , на котором расположены два кривошипа, повернутые один относительно другого на угол , близкий к тг/2 . Кривошипы приводят коромысла 3 и 3', которые работают в противофазе. Коромысла являются частью обгонных муфт .

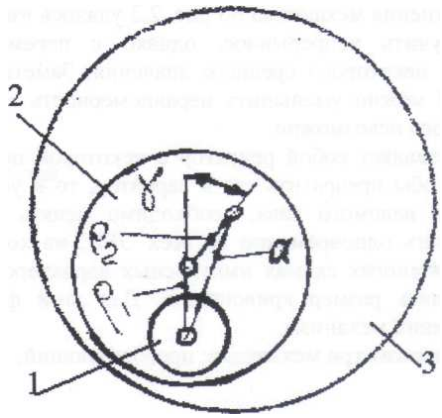


Рис.6.12

Регулирующий механизм по команде извне изменяет амплитуду качания коромысел 3 и 3'. Изменение амплитуды качания коромысел осуществляется путем изменения на ходу и под нагрузкой размера кривошипа. Для этого кривошип а (рис.6.12) образуется двумя эксцентриками. На вал 1 установлен неподвижно эксцентрик 2 , эксцентриситет p_1 . На этот эксцентрик подвижно установлен эксцентрик 3, его эксцентриситет p_2. Геометрическая сумма этих эксцентриситетов образует кривошип а. Изменение длины кривошипа происходи поворотом эксцентрика 3 относительно эксцентрика 2. Важно отметить, что если размеры эксцентриситетов равны , то поворотом эксцентрика 3 можно получить размер кривошипа ,равный нулю; это значит, что при вращении ведущего вала ведомый вал остается неподвижным.

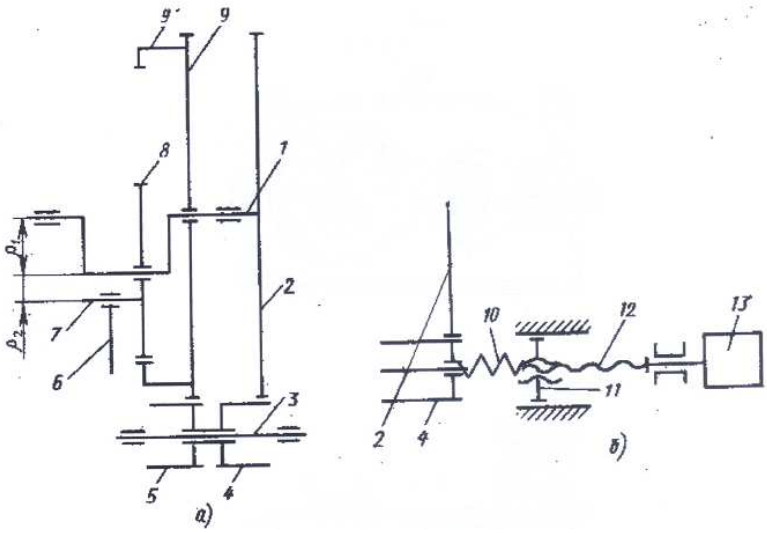
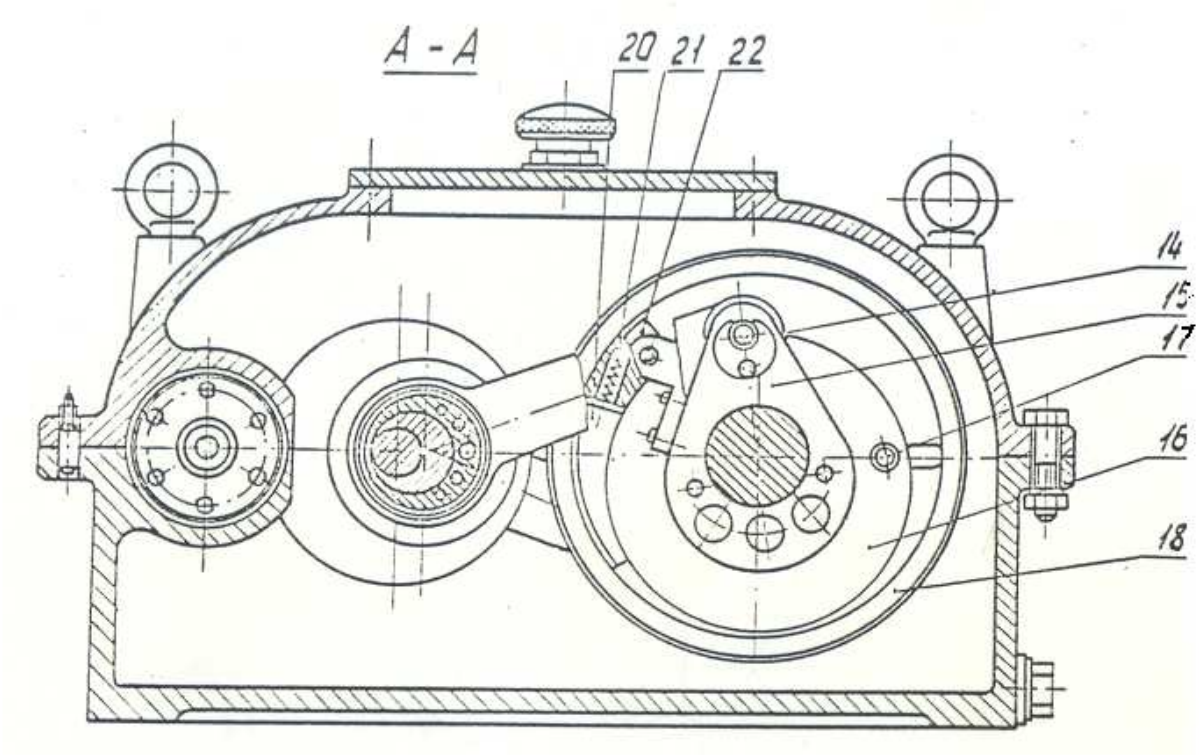


Рис.6.13

Регулирующий механизм (рис.6.13) содержит кривошипный вал 1 с упомянутым радиусом ρ_1; на кривошип подвижно установлено зубчатое колесо 8, которое имеет эксцентричную шейку 7 ; ее эксцентриситет ρ_2. На шейку 7 установлен шатун 6 кривошипно коромыслового механизма (рис.6.11). Зубчатое колесо 8 находится во внутреннем зацеплении с колесом 9, которое подвижно установлено на вал 1 и имеет зубья наружного зацепления . На валу 1 неподвижно установлено зубчатое колесо 2. Колеса 9 и 2 одинакового диаметра и косозубые, причем угол наклона зубьев одинаков , но разного знака. Колеса 9 и 2 находятся в зацеплении с колесами 4 и 5 , изготовленными в виде одного блока и установленных на вал 3 с возможностью осевого перемещения. Этот механизм представляет собой дифференциальный винтовом механизм, который работает следующим образом.

При неподвижном в осевом положении блока колес 4-5 все колеса на валу 1 вращаются с одинаковой угловой скоростью и , значит , нет поворота колеса 8 относительно вала 1 и потому размер кривошипа остается неизменным. Для того, чтобы изменить размер кривошипа блок колес 4-5 перемещают в осевом направлении, при этом колеса 9-5 представляют аналог винтовой пары, например , правой резьбы , а зацепление колес 2-4 тогда представят собой аналог винтовой пары с левой резьбой, поэтому осевое перемещение блока4-5 приводит к относительному повороту колес 2 и 9, а это приводит к относительному повороту эксцентриков и , значит, изменению размера кривошипа.

Представляет интерес следующее упрощение конструкции механизма по рис.6.13. Вместо зубчатого колеса 8 и его внутреннего зацепления 9' можно применить эксцентрик 7, который имеет фланец, в который установлен палец, входящий в радиальный паз в колесе 9.



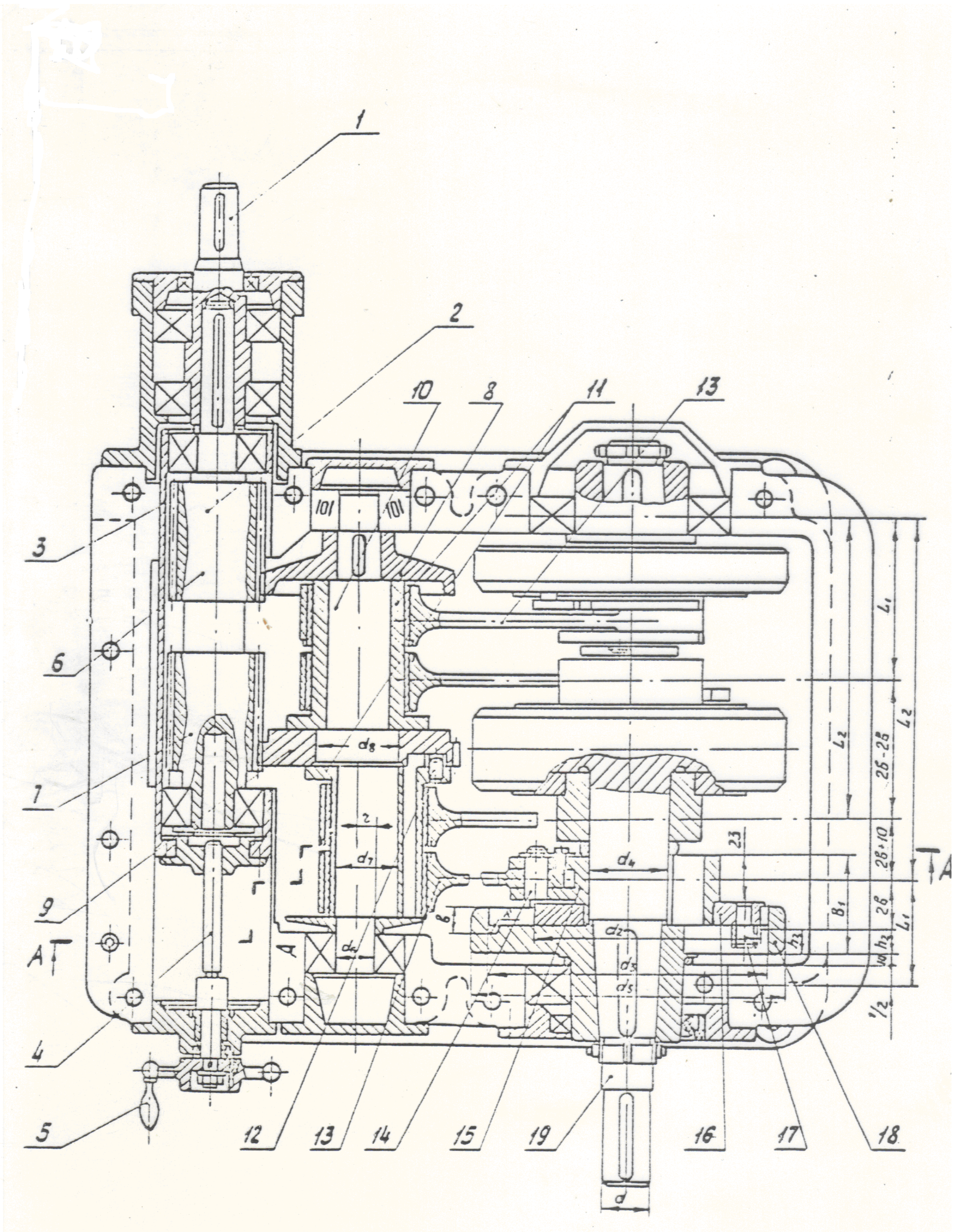


Рис.6.14

Все механизмы вариатора размещены в чугунном литом корпусе, имеющем горизонтальный разъем (рис.6.14). Электродвигатель присоединяется к валу 1 вариатора. Затем вращение передается на регулирующий вал 2 и далее через шестерни 6 и7 на кривошипный вал 10. Кривошипы соединены с шатунами 13, которые приводят в

качательное движение коромысла *15*, которые являются также ведущим эксцентриком клиновой обгонной муфты. Далее движение передается на выходной вал 19. Регулирование осуществляется вращением маховичка 5, который перемещает стакан 3, в котором размещены косозубые шестерни 6 и7.

Конструкция вариатора по рис.6.14 послужила основой для разработки семейства вариаторов типа ВК, перекрывающее диапазон по мощности приводного электродвигателя от 0,75 до 45 кВт , всего 8 представителей размерного ряда. (см. Таблицу 1.)

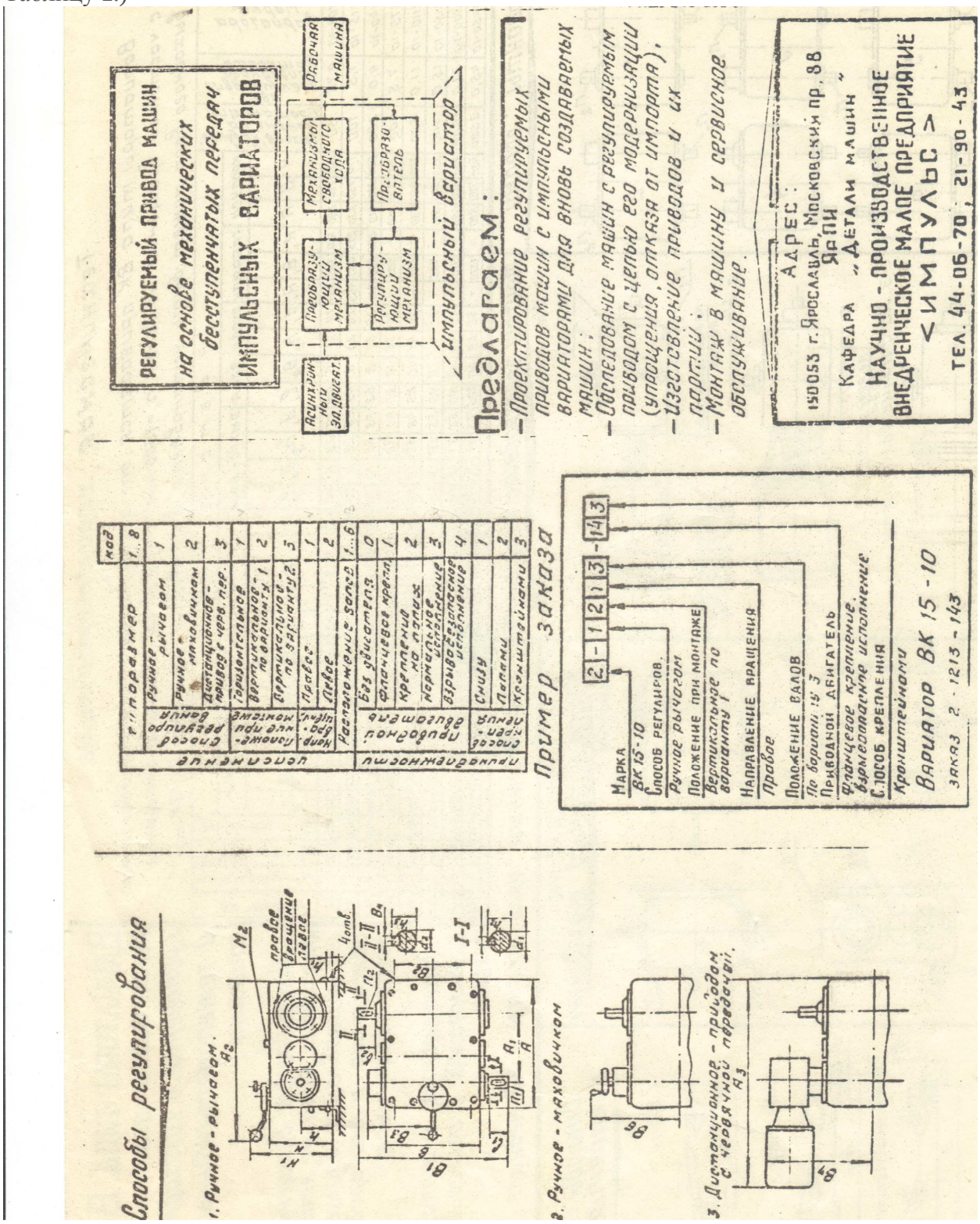


Таблица 1. Стр.1

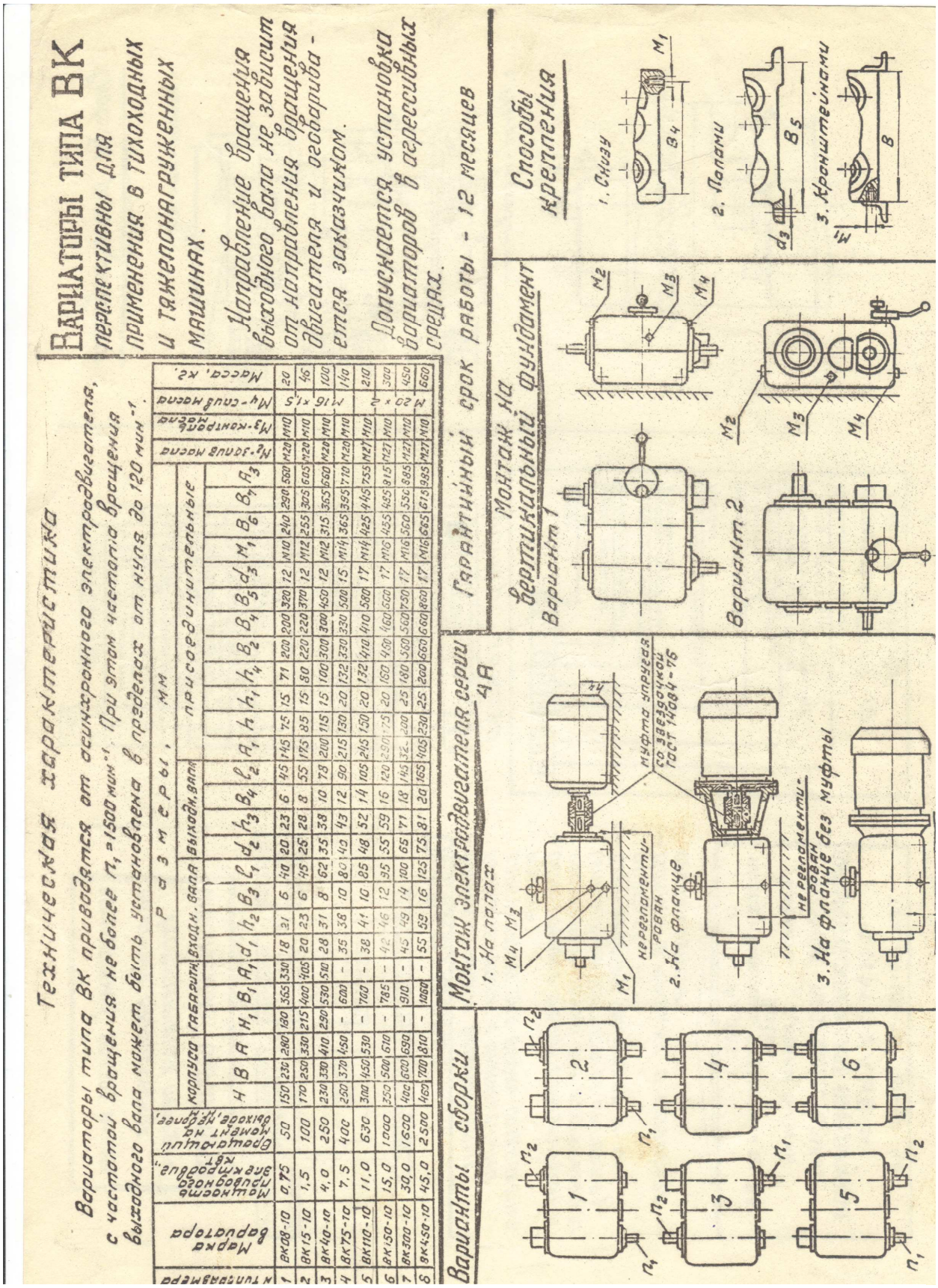


Таблица 1. Стр. 2

Описанные здесь вариаторы типа ВК уместно сравнить с известными аналогичными по назначению. Наиболее яркое впечатление дает сравнение по габаритам (рис.6.15.а и б. На рис.6.15,а приведено сравнение вариатора ВК15-10 с цепным вариатором ВЦ16-2-131, производства завода им. Калинина, г. Киев. На рис.6.15,б приведено сравнение с вариатором SITI MK-20/2 , производства ИТАЛИИ.).

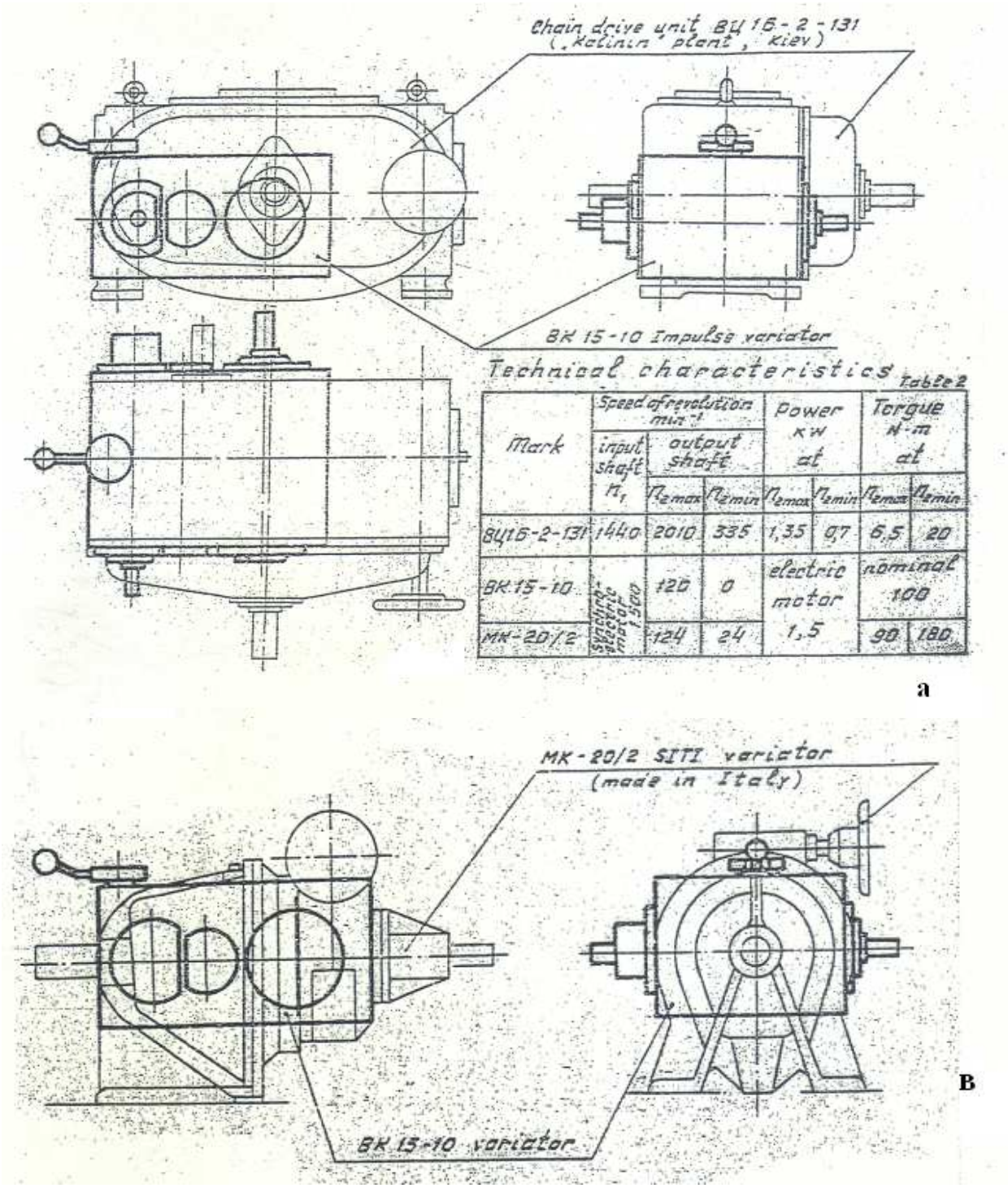


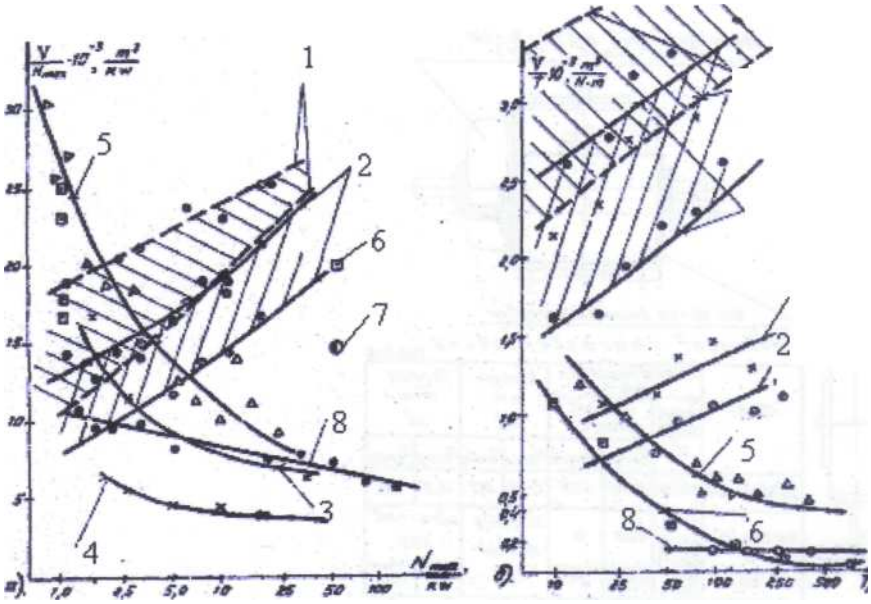
Рис.6.15

Приведенные на рис .6.15 сравнения не учитывают с одной стороны свойств известных вариаторов, а с другой - свойств импульсных вариаторов ВК.

Как уже отмечалось выше, особенность известных вариаторов заключается в том, что они не могут передавать большие силы и обладают сравнительно узким диапазоном регулирования. Поэтому для получения в тех или иных проектах применения известных вариаторов , их приходится дополнительно оборудовать одной, двумя или даже тремя ступенями обычных зубчатых передач, причем передаточные числа в этих передачах назначаются изготовителем в широких пределах . Таким образом , для одного типоразмера известного вариатора, например , цепного, в каталоге указывается целое семейство вариаторов отличающихся только параметрами дополнительных зубчатых передач. Всего этого нет в вариаторах ВК, поскольку они обладают широким

диапазоном регулирования и совмещают в себе свойство редуктора. В этих условиях сравнение всего многообразия вариаторов выполнялось по параметру

передач объема вариатора, отнесенного к его максимальной мощности $(\frac{V}{N_{\max}}\frac{m^3}{kW})$ и по параметру объема вариатора отнесенного к его вращающему моменту $(\frac{V}{T}\frac{m^3}{Nm})$ (рис..6.16,аиб)



1- Цепной вариатор с редуктором на входе (з-д им. Калинина,г. Киев).
2- Цепной вариатор без редуктора на входе (з-д им. Калинина,г. Киев)
3- Цепной вариатор с редуктором на выгходе(передаточное число редуктора И=32.з-д им. Калинина,г.Киев)
4- Цепной вариатор с редуктором на выходе (передаточное число редуктора И=16.3-д им. Калинина,г. Киев).
5- Многодисковый вариатор (Ин-ут «Редуктор»,г.Киев)
6- Планетарный вариатор. (З-д Дмитровградхиммаш).
7- Клиноременные вариаторы ВР-1 и ВР-2.
8- Вариатор ВК.

Рис.6.16

Аналогичные результаты получены при сравнении с цепными вариаторами производства Германии.

Несколько иначе эти сравнения выглядят применительно к вариаторам S1T1 . В этом случае при увеличении числа ступеней зубчатых передач в вариаторе S1T1 выигрыш от применения вариатора ВК уменьшается.

Структурные и функциональные особенности механизмов, примененных в вариаторах ВК, определяет области их возможного применения. Это область тихоходных тяжело нагруженных стационарных машин , в которых требуется эпизодическое регулирование скорости валов при одностороннем их вращении. К таким машинам относятся транспортеры, конвейеры, питатели, дозаторы, насосы и т.п. машины и механизмы.

Отдельно следует остановиться на возможности применения вариаторов ВК в приводе мешалок химических аппаратов. Мешалки в химических аппаратах применяются для интенсификации процессов , происходящих в аппарате.

Характерным для таких аппаратов с перемешивающими механизмами является , во-первых , то , что при запуске механизма перемешивания , вещество, находящееся в аппарате обладает повышенной вязкостью. Поэтому для пуска механизма перемешивания требуется большой вращающий момент привода. Далее по мере перемешивания вязкость вещества уменьшается и потому требуется меньший вращающий момент и , вообще говоря , целесообразно увеличение скорости перемешивания для интенсификации процесса. В химической и других отраслях промышленности применяют из соображения безопасности преимущественно асинхронные электродвигатели во взрывобезопасном исполнении; как известно они не являются регулируемыми. Если применен такой привод , то это означает необходимость применения приводных электродвигателей завышенной мощности только для осуществления пуска. При установившемся движении электродвигатель оказывается недогруженным и нет возможности повысить скорость процесса перемешивания. Применение вариатора ВК в таких приводах оказывается весьма целесообразным, поскольку появляется возможность осуществлять пуск при малых скоростях , но при больших вращающих моментах ; далее при установившемся движении скорость процесса перемешивания можно увеличивать.

В целом ряде химических производств требуется осуществлять процессы в герметических аппаратах. Привод мешалки в таких аппаратах осуществляется через герметическую стенку. Известные приводы такого рода обладают серьезными недостатками и прежде всего ограничениями по вращающему моменту. Нами для таких приводов предложена модификация вариатора ВК, в которой выходной и кривошипный валы перегорожены стенкой . В стенке выполнены окна для прохода шатунов , зазор между шатуном и стенкой уплотнен с помощью сильфона. В этом случае выходной вал вариатора оказывается герметически изолированным от остальных механизмов; его можно помещать внутри аппарата , а весь остальной привод - снаружи. Таким образом, можно использовать все преимущества вариатора ВК и не нарушать герметичности аппарата.

Опыт стендовых и натурных испытаний вариатора ВК давал пищу для размышлений о вариаторе для трансмиссии автомобиля. Вариатор ВК не мог быть применен в трансмиссии автомобиля, во-первых, потому что диапазон регулирования трансмиссии требует передаточного отношения от i = 1(это прямая передача) до $i = \infty$, то есть, когда ведущий вращается, а ведомый вал неподвижен.

Во-вторых частота оборотов входного вала вариатора должна быть 5000…8000 оборотов в минуту, то же требование относилось к частоте включений обгонных муфт

В-третьих, некоторые механизмы вариатора ВК оказались сложными и потому было желательно их упрощение. Это в полной мере относилось к регулирующему механизму.

В – четвертых, вариатор для автомобиля должен обладать габаритно-массовыми характеристикой не хуже, чем в существующих приводах автомобиля.

И еще, ранее мы сформулировали условие, при соблюдении которого новый привод автомобиля завоюет рынок. Это условие, по нашему мнению состоит в том, что новый привод должен вносить в трансмиссию автомобиля новые полезные свойства.

На той стадии работы ни о каких новых свойствах трансмиссии с импульсным вариатором не предвидились.

В то время. в стране наступила перестройка, сократились финансовые возможности на новое проектирование, научные коллективы в Вузах разваливались, или влачили убогое существование. Практически это означало, что наши работы над вариатором для автомобиля прекратились. Они возобновились только через 20лет.

На рис.6.17 представлена схема импульсного вариатора, как нам представляется, перспективная для трансмиссии автомобиля. Ведущий вал 1 приводится от вала двигателя. На валу 1 в параллельных плоскостях расположены три кривошипа, повернутые один относительно другого на угол 120°.

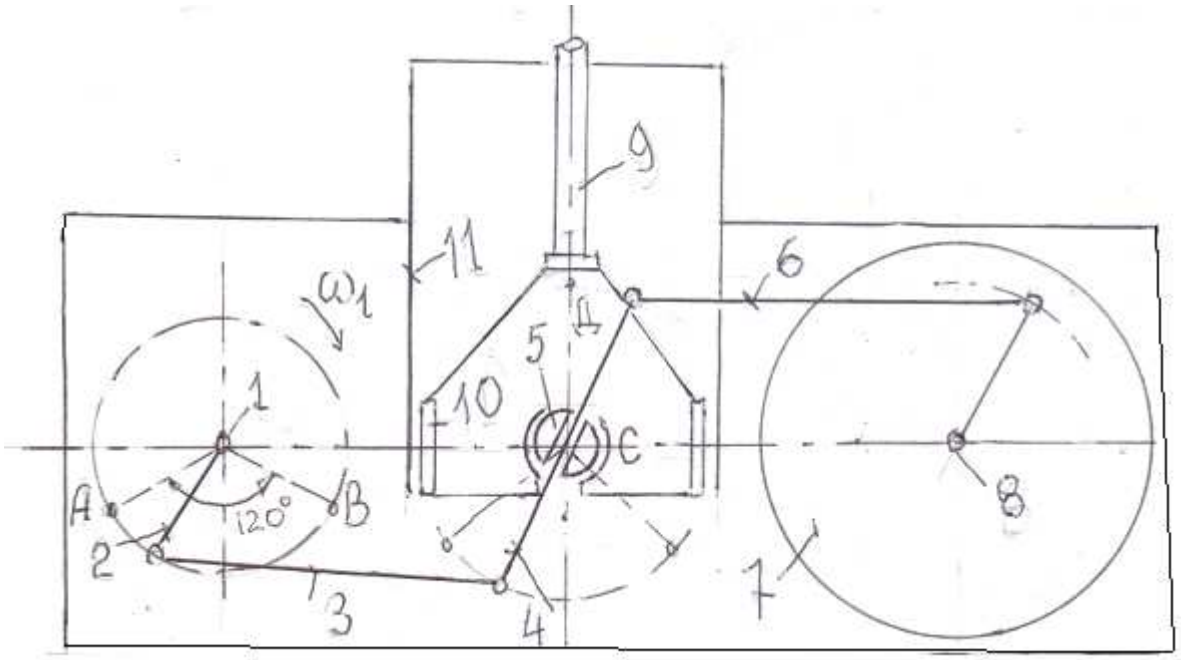


Рис.6.17

Далее описывается движение звеньев, приводимые от одного кривошипа, кривошипа 2. Шатун 3 присоединен одним концом к кривошипу 2, другим концом к двуплечему рычагу 4. Рычаг 4 имеет точку 5 , которая может перемещаться по рычагу 4. Другой конец рычага 4 присоединен к шатуну 6, который присоединен к ведущей детали обгонной муфты 7. Обгонная муфта 7 посажена на ведомый вал вариатора 8

Вариатор работает следующим образом. При вращении вала 1 в каждый данный момент времени ведущим оказывается только тот кривошип, который движется в секторе A1B, где $\angle A1B = 120^{\circ}$. На рис 6.17 кривошип 2 показан в некотором положении при его движении из положения 1B в полжение1A. Остальные два кривошипы (на рис не показаны) работают в холостую. Это происходит автоматически, так как ведущий кривошип приводит обгонную муфту 8 с наибольшей скоростью и потому она оказывается заклиненной.

Регулирование скорости выходного вала 8 осуществляется перемещением с помощью привода 9 точки 5 по направляющим 10 и 11. Отметим на рычаге 4 две точки: точку С которая делит рычаг 4 на равные части , и точка Д, которая находится на конце рычага 4. Перемещая точку 5 из положения в точке С, которое показано на рис.6.17, в положение, когда точка 5 совмещена с точкой Д, мы меняем передаточное отношение от i = 1 до $i = \infty$.

Нетрудно заметить, что в схеме вариатора по рис. 6.17 нам удалось существенно упростить регулирующий механизм в сравнении с таковым в вариаторе ВК, а также получить требуемый для трансмиссии автомобиля диапазон регулирования.

Рассмотрим еще одну схему вариатора для трансмиссии автомобиля. Появление этой схемы связано с тем, что мы обратили внимание на некоторую общность работы ДВС и импульсного вариатора. Действительно, оба механизма работают с периодическим чередованием импульсов движений. В ДВС и импульсном вариаторе есть звенья, которые совершают возвратно – поступательные или качательные

движения. Такая общность принципа действия позволяла применить дезаксиальную схему привода поршней ДВС. В результате вместо вращения коленчатого вала ДВС мы получили его качательное движение. Таким образом, мы упростили импульсный вариатор за счет того, что исключили из схемы вариатора узел преобразования вращения коленчатого вала в его колебательное движение.
Пояснения.

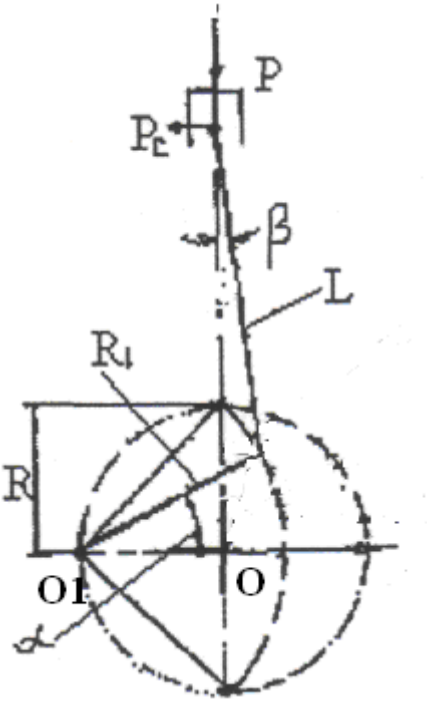


Рис.6. 18

На Рис.6.18 приведена схема привода поршней в ДВС. В обычном ДВС ось вращения кривошипа размещена в точке О на оси движения поршня.
В дезаксиальной схеме центр качания кривошипа («качания» , потому что ход поршня остался неизменным) смещен, в данном случае в точку О1. Теперь размер кривошипа

$$R_1 = 0,5.h / \sin 45^\circ = 1,41R,$$

Где h - - ход поршня.
Вместо вращения кривошип R1 совершает качание на угле 90°.
Угол β отклонения шатуна L от вертикали определяет силу прижатия поршня к цилиндру и ,значит, силу трения в этом месте. Как показании наши расчеты, при принятом на рис. 6.18 дезаксиале средняя за цикл работа сила трения будет в 5 раз меньше, чем та же работа силы трения в обычном приводе поршня, то есть при дезаксиале равном нулю. В рассмотренном примере показано, что указанное уменьшение работы сил трения в механизме привода поршней означает повышение механического КПД ДВС на 22% и только от этого уменьшается расход топлива на 16%, уменьшается тепловая напряженность работы ДВС и увеличивается долговечность работы поршня и цилиндра.

Так появилась схема ДВС, в который встроен импульсный вариатор (см. Рис.6.19. Схема четырехтактного четырех цилиндрового ДВС со встроенным в него импульсным вариатором.)

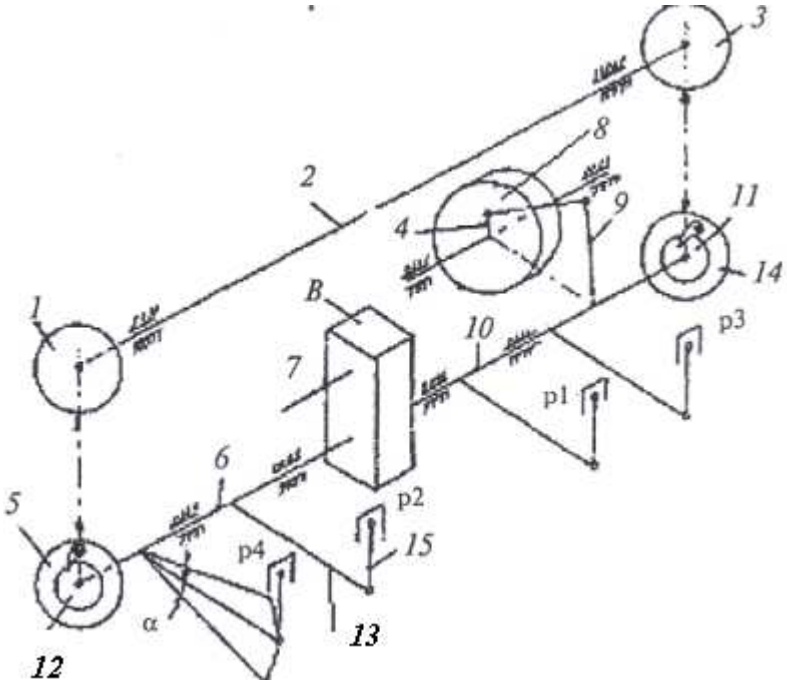


Рис .6.19. Схема четырехтактного четырех цилиндрового ДВС со встроенным в него импульсным вариатором

***1, 3, 5 я 14*— зубчатые колеса; *2* — распределительный вал двигателя; *4* — кривошип двигателя; *6* и *10* — валы вариатора; 7 — выходной вал вариатора; *8* — маховик; *9* — коромысло маховика;**

***11* и *12* — обгонные муфты; *13* — коромысло шатуна; *15* — шатун двигателя, В- вариатор ИВА-2**

Пусть цилиндры двигателя Р1, Р2, Р3, Р4 пронумерованы в соответствии с порядком их работы. При этом будем считать, что валы 6 и 10 вариатора приводятся в качательное движение от штатных шатунов 15 и коромысел 13 ДВС. Но для привода маховика (в конструкцию двигателя введен кривошипно-коромысловый механизм, коромысло 9 которого приводится от вала 10. Передаточное отношение данного механизма выбрано таким, чтобы при качании коромысла 9 из одного крайнего положения в другое кривошип 4 поворачивался на 180°.

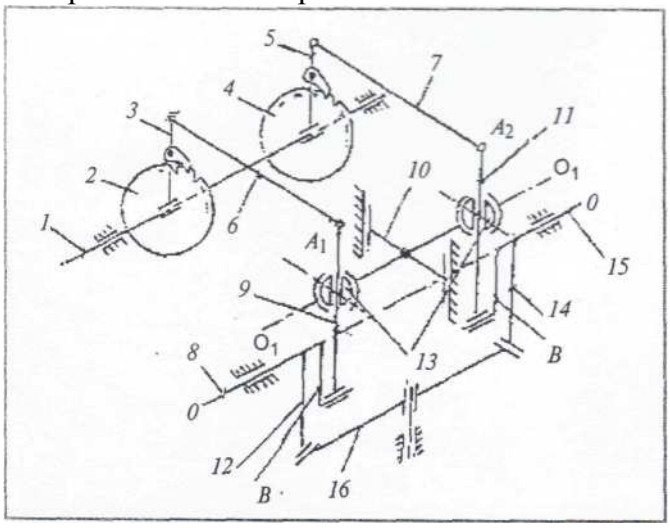


Рис.6.20. . ***Схема импульсного вариатора:***

***1* — выходной вал; *2* и *4* — колеса с храповиками; *3, 5, 9* и *11* — коромысла; *6* и *7* — шатуны; *8 к 15* — входные валы; *10* — ползун; *12, 14 к 16*— конические колеса механизма реверса; *13* — опора**

Встроенный импульсный вариатор устроен следующим образом. (Рис. 6.19)

Как видно из рисунка 6.20, вариатор имеет два (8 и 15) входных вала, расположенные на одной геометрической оси О О. Каждый из них несет кривошип В и коническое зубчатое колесо (вал 8 — колесо 12, вал 15 — колесо 14). Данные колеса находятся в зацеплении с коническим же колесом 16, ось которого находится в блоке цилиндров двигателя. Таким образом, колеса 12, 14 и 16 образуют механизм реверса, который связывает между собой валы 8 и 15. Это означает: если вал 8 вращается, скажем, по часовой стрелке, то вал 15— против часовой стрелки. Каждый из кривошипов В валов соединен со своим коромыслом (вал 8 — с коромыслом 9, вал 15 — с коромыслом 11), закрепленных в опорах 13, которые расположены на одной геометрической оси $O1O_1$ в ползуне 10. Данный ползун с помощью регулирующего механизма (на рисунке не показан) может перемещаться в вертикальном направлении. В итоге опоры 13 обеспечивают свободу коромыслам 9 и 11 (первое из которых в точке A_1 соединено с шатуном 6, а второе в точке A_2 — с шатуном 7) в колебательном и поступательном движениях.

Из рис.6.19 видно, что вариатор В встроен в конструкцию двигателя и составляет с ним единое целое. Управление клапанами газораспределения осуществляется от распределительного вала 2, который приводится во вращение либо от вала 10, либо от вала 6. На последних размещены обгонные муфты 11 и 12, которые, в зависимости от направления их вращения, приводят зубчатые колеса 1, 3, 5 и 14, связанные с валом 6, либо — с валом 10.

Работа двигателя сводится к следующему.

Допустим, что рабочий такт совершается в цилиндре Р1. Тогда в цилиндре Р2 будет такт сжатия, в цилиндре РЗ — такт всасывания, в цилиндре Р4 — такт выхлопа. Для того чтобы совершались эти такты, валы 6 и 10 должны вращаться в разные стороны и амплитуды их качания должны быть равны. Оба эти условия соблюдаются, поскольку в вариаторе предусмотрен механизм конического реверса.

В тот момент времени, когда заканчивается рабочий такт в цилиндре Р1, заканчивается такт сжатия в цилиндре Р2 и в нем начинается рабочий такт. Это значит, что вал 6 начнет вращаться по часовой стрелке, а вал 10 — против часовой стрелки, и в цилиндрах Р1 и РЗ будут происходить соответственно такты выхлопа и сжатия, а в цилиндре Р4 — такт всасывания. Далее рабочий такт совершается последовательно в цилиндрах РЗ и Р4. То есть все такты совершаются в соответствии с принципом работы четырехтактного четырехцилиндрового двигателя.

Нормальная работа ДВС возможна только при наличии маховика. В рассматриваемой схеме он есть: это маховик 8, который приводится во вращение от качающихся вала 10 и коромысла 9. То есть в тех случаях, когда двигателю требуется подпитка энергией маховика, она автоматически поступает через привод маховика 8, коромысла 9 и вала 10.

Пример разработки конструкции силового агрегата автомобиля по схеме рис.6.20 показал, что в нем отсутствуют коробка передач и муфта сцепления, что дает экономию в габаритно-весовой характеристике ДВС в 20 % по сравнению с выбранным прототипом.

Итак, я думаю, что схема ДВС по рис.6.20 в полной мере реализует нашу цель, а именно, разработана схема силового агрегата автомобиля, в которой осуществляется бесступенчатое регулирование скорости в широком диапазоне, наряду с этим упрощается и удешевляется трансмиссия, поскольку в ней отсутствует коробка передач и сцепление, а применение дезаксиального механизма привода поршней позволяет прогнозировать уменьшение расхода топлива на 16%, уменьшения тепловой напряженности работы ДВС и увеличения долговечности работы поршней и цилиндров.