

## ОСНОВЫ КЛАССИФИКАЦИИ РЕГУЛИРУЕМЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИХ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА

### Часть 1

**Введение.** Известно, что наиболее компактными и надежными средствами передачи и преобразования механической энергии являются зубчатые передачи. Их развитие в настоящее время идет по двум направлениям: первое – это совершенствование традиционных передач, второе – создание новых видов и типов передач. Так к новым видам передач можно отнести двухпараметрические передачи, геометрия колес которых предусматривает возможность независимых кинематических изменений одновременно как минимум по двум параметрам, включая изменение передаточного отношения.

**Анализ литературы.** Исходя из выше изложенного, рассмотрим интересующие нас передаточные механизмы – коробки перемены передач (КПП) и вариаторы в развитии. При этом мы видим, что с этой точки зрения передаточные механизмы можно представить, впрочем, как и любую другую машину, в виде бинарной системы высокого ранга, которая содержит в себе цепочку, состоящую из двух простых бинарных систем. Первая из этих систем, состоит из цепочки КПП – комбинированные передачи, а вторая комбинированные передачи – вариаторы. Причем КПП – это простейшая составляющая этой сложной бинарной системы, а вариатор – ее трансформация в высшую передачу, которая являет собой модель нового объекта, отличительная особенность которого состоит в обеспечении эффекта «бесступенчатого» изменения передаточного отношения. В свою очередь в этих двух простейших бинарных системах один из элементов является общим – комбинированные передачи. Он входит в обе бинарные системы (а они совмещаются на этом элементе), но в разных ролях. То есть, здесь мы наблюдаем первый признак формирующейся сложной системы.

В связи с этим мы можем представить развитие этой нашей бинарной системы в виде, изображенном на рис.1. Анализируя его, мы видим, что, как в прочем и любая

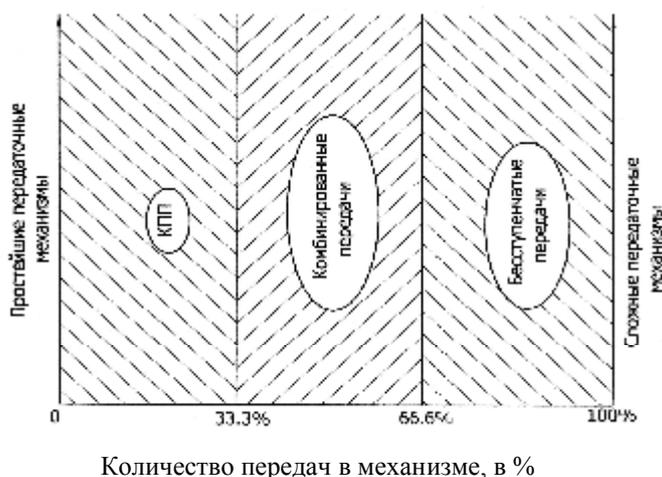


Рис.1. Бинарная система КПП – Вариатор

бинарная система, наша система будет иметь три области, границами раздела которых будут являться две точки на оси абсцисс: 33,3% и 66,6%. Специалисты определяют эти области бинарной системы, так: **I область** – область простейших решений. В нашем случае это КПП; **II область** – область переходных решений. В нашем случае это комбинированные передачи, например: ДВС – электродвигатель; **III область** – область сложных решений. В нашем случае это бесступенчатые передачи.

Эти три области, определяют качество технического решения. Поскольку **первая область** – это область КПП то и качество технического решения мы имеем соответствующее. Так известно, что количество передач современных КПП колеблется от  $4 \div 6$  для легковых автомобилей и до  $16 \div 24$  – для грузовых автомобилей. В связи с этим, мы имеем передачи простые в изготовлении, а значит, имеющие низкую себестоимость, но, с другой стороны, не способные на современном этапе решать поставленные практикой задачи.

**Вторая область** – это область комбинированных передач или другими словами гибридных трансмиссий. В связи с этим мы имеем разветвленную, а значит сложную, структуру передачи в целом. При этом, несмотря на возникновение эффекта «бесступенчатости» у нас резко растет себестоимость такой передачи в производстве и сложность ее обслуживания и эксплуатации в реальных условиях.

**Третья область** – это область бесступенчатых трансмиссий (БСТ), т.е. другими словами, передач имеющих в своем составе вариаторы. Причем с технической точки зрения совсем не обязательно иметь возможность (хотя хочется) полностью бесступенчатого изменения передаточного отношения. Область бесступенчатых передач в смысле хороших решений может иметь при регулировании и ступеньку. Лишь бы величина этой ступеньки обеспечивала нам попадание нашей БСТ в требуемую по качеству область.

С другой стороны, как показывает анализ технической и патентной литературы зубчатые вариаторы, в том числе и регулируемые зубчатые передачи, до конца 80-х годов прошлого века были представлены очень слабо. Особенно, по сравнению с фрикционными и импульсными вариаторами. Этот факт наглядно подтверждается тем, что за период с 1972 по 1990г.г. на этот класс передач было получено всего 86 охранных документов в основных развитых странах из той тысячи, которая была выдана на остальные типы вариаторов [1].

Вследствие этого актуальным и необходимым становится решение вопроса о создании **принципиально нового класса регулируемых механических передач**, которые основывались бы на принципе передачи усилий путем нормальных сил. Разобраться же во всем многообразии существующих конструктивных схем регулируемых механических передач, включая зубчатые вариаторы, можно только в том случае, если иметь для этого соответствующий инструмент, т.е. их классификацию. А классификацию можно построить, последовательно применяя принцип бинарного деления. При таком подходе результат можно получить любой степени точности. Отсюда следует практический способ поиска неожиданных ходов в стратегиях или причин неизвестных проблем. Чтобы это выполнить, надо привести факты в бинарную систему и найти «дыры» в узлах ее «дерева».

В работе [2] приводится, существующая в настоящее время классификация фрикционных вариаторов и основные фирмы изготовители. Известна также классификация механических вариаторов скорости, предложенная в свое время Я.С. Есипенко [3]. В ее основу автор положил принцип управления передаточным отношением, но детализации по конструктивному исполнению, типам зацепления, формам начальных поверхностей и т.п. она не содержит. С тех пор периодически с появлением новых конструкций вариаторов возникали и новые варианты классификации. Некоторые из них даже нашли свое отражение в нормативных документах [4, 5]. Однако всем им присущ один общий недостаток, который состоит в том, что они, как правило, построены от тех

конструктивных схем вариаторов, которые предлагались их авторами и соответственно не могут быть полными. Так, например, с разработкой направления зубчатых вариаторов, основанных на применении преобразующих механизмов, появилась классификация, приведенная в работе [6]. В этой классификации, несмотря на емкое название «механические бесступенчатые нефрикционные передачи непрерывного типа», подробно освещены только конструктивные особенности передач с преобразующими механизмами, а собственно зубчатые вариаторы попали в разряд «прочих».

Таким образом, классификаций, которые рассматривали бы непосредственно структуру зубчатой передачи и ее параметры, кроме материалов, приведенных в [7, 8, 9], авторам неизвестны. В связи с этим, ниже мы рассмотрим основы классификации регулируемых механических и зубчатых передач, которые будут охватывать, в целом, как и вариаторы, так и двухпараметрические передачи, включая их составляющие – зубчатые колеса. При этом, общая задача, в плане иерархии, разбивается на **четыре уровня**: **первый уровень** – это уровень классификации всех регулируемых передач, **второй** – классификация регулируемых механических передач, **третий** – классификация регулируемых зубчатых передач, **четвертый** – классификация непосредственно зубчатых колес, как системы, допускающей регулирование за счет изменения различных своих параметров. В этом плане и рассмотрим ниже задачи классификации этого многообразия регулируемых передач и их элементов. Причем первая часть нашей статьи будет посвящена рассмотрению первых двух уровней классификации.

**Изложение основного материала.** Существующие, на данный момент технические решения по регулируемым передачам по способу организации передачи и преобразования энергии, то есть по физическим основам, можно разделить на **три основных класса**: механические, гидравлические и электрические передачи. Сюда нужно добавить еще все возможные их комбинации – электромеханические, электрогидравлические и гидромеханические. Причем все они, за исключением чисто механических, где передача момента осуществляется при помощи или тангенциальных сил, или нормальных, связаны с преобразованием одного вида энергии в другой вид. Это всегда влечет за собой большие потери и, в результате, сравнительно низкий КПД, как, правило – менее 80%, а в определенных зонах регулирования доходящий до 50%. Таким образом, для дальнейшего рассмотрения имеет смысл оставить только класс **механических регулируемых передач**. Для этого класса передач, основываясь на общих законах строения и функционирования механизмов, можно выделить **классификационные признаки**, которые приведены нами на рис. 2. Эти классификационные признаки имеют следующий вид: принцип действия, кинематическая схема передачи, характер взаимодействия вращающихся тел, способ управления, тип сигнала в управляющем устройстве, наличие преобразующего механизма, вид преобразующего механизма, способ изменения передаточного отношения, вид геометрии поверхностей зацепления или контакта, тип элементов зацепления, наличие промежуточной связи, вид промежуточной связи и ее конструктивное исполнение, конструктивное исполнение поверхностей зацепления или контакта. Причем, как нетрудно заметить, эти классификационные признаки можно также разделить **на две группы**: **первая группа** будет включать в себя общие признаки, которые присущи всем регулируемым механическим передачам – это такие, как кинематическая схема передачи, способ управления и тип сигнала в управляющем устройстве, наличие преобразующего механизма, способ изменения передаточного отношения, наличие промежуточной связи, а **вторая группа** - это индивидуальные признаки: принцип действия, характер взаимодействия вращающихся тел, вид геометрии поверхности зацепления, вид преобразующего механизма, тип элементов зацепления, вид промежуточной связи и ее конструктивное исполнение, особенности конструктивного исполнения. Ниже рассмотрим каждый из перечисленных признаков и соответствующие им примеры регулируемых механизмов.



**По принципу действия** [10] – передачи разделяются на два типа: передачи непрерывного (зацеплением или фрикционного типа) и импульсного действия (с применением механизмов свободного хода (МСХ) в качестве выпрямителей). При этом **по характеру взаимодействия** вращающихся тел обе эти группы могут быть проклассифицированы на передачи вращения при помощи нормальных сил (зубчатые вариаторы или импульсные с нефрикционными МСХ), или тангенциальных (фрикционные вариаторы или импульсные с фрикционными МСХ). Причем, передача считается фрикционной, даже если часть крутящего момента передается через фрикционную пару.

**По кинематической схеме** передачи можно разделить на простые – это те, которые не имеют в своей структуре вращающихся элементов с подвижными осями и планетарные, которые содержат в своей структуре такие подвижные элементы.

Все типы регулируемых механических передач (как зубчатые, так и фрикционные и импульсные вариаторы) могут быть построены с использованием преобразующих механизмов, которые один вид движения, например, качание, трансформируют в другой – вращение, или наоборот, или без них.

В свою очередь **по виду преобразующие механизмы можно разделить:** на зубчатые, зубчато-рычажные, рычажные, кулачковые, храповые и микро храповые.

**По способу изменения передаточного отношения** передачи можно классифицировать на изменяющие передаточное отношение за счет перемещения одного звена относительно другого, и передачи, изменяющие передаточное отношение – путем изменения размера звена. Так, зубчатые вариаторы могут иметь элементы зацепления с неизменяемой геометрией (см. например Пат. №7624824 (Франция) Зубчатый вариатор) и с изменяемой (например, самоустанавливающиеся зубчато-пластинчатые – типа PIV – Positiv Ideal Veranderliches Getriebe), или упругие с применением эластичных материалов (А.с. № 1060836 СССР. Зубчатая передача с эластичным колесом) и так далее.

Следующим признаком, который будет характеризовать все регулируемые передачи, будет являться **признак, определяющий наличие или отсутствие промежуточной связи** (т.е. третьего звена) между ведущим и ведомым звеньями. Эту промежуточную связь по виду можно классифицировать, в свою очередь, как гибкую связь, или жесткую, а по конструктивному исполнению она может быть выполнена в виде – шариков, зубчато-пластинчатого кольца, зубчато-пластинчатой цепи, пластинчатой цепи, обычной цепи, плоского ремня, клинового ремня, роликовой цепи, кольцевой цепи. В качестве примеров гибкой связи можно привести цепной вариатор (А.с. № 1473454 СССР. Цепная передача), а жесткой – шарико-винтовую передачу [11].

И, наконец, **по способу управления** передачи разделяют: на передачи, которые управляются вручную, автоматизированные и автоматические. Основным признаком всех этих передач является характер участия в процессе управления человека. Причем, необходимо отметить, что первые являются частным случаем вторых.

**Автоматизированные системы управления** – это системы, в которых наряду с автоматическим действием часть функций управления выполняет человек. В зависимости от того, какие функции выполняет человек, то есть на каком уровне иерархии управления он участвует, существуют следующие варианты:

1. Системы с возможностью управления со стороны человека непосредственно. Примером реализации может служить зубчатый вариатор, приведенный например, в А.с. № 750187 СССР. Изменение передаточного отношения в нем осуществляется путем воздействия на механизм регулирования при помощи маховика 21. Причем, в зависимости от места установки такого вариатора в технологической системе, управление может осуществляться, либо непосредственным воздействием на орган регулирования, либо дистанционным способом (механическим, электрическим, пневматическим и др.).

2. Системы с участием человека в контуре управления на более высоких уровнях иерархии. Характерной особенностью является использование интеллекта человека в процессе функционирования системы. Например, при наличии такой системы на транспортном средстве. Человек при этом распознает препятствия, выбирает способ их преодоления, задает скорость и направление движения. Все остальные действия реализует уже сама система управления. К таким системам управления можно отнести систему управления, реализованную в трансмиссии GTX811 фирмы «Форд», [12], которая имеет соответствующую гидросистему с клапанами, дросселями, обеспечивающими автоматическое сжатие шкивов, датчиками и микропроцессором, который устанавливает передаточное отношение в соответствии с выбранным режимом в диапазоне регулирования.

**Автоматические системы управления** – это класс систем, обеспечивающий работу вариатора без участия человека. В зависимости от степени автоматической приспособляемости к изменениям внешней среды и других условий работы, какой-либо технологической системы их можно разделить на системы адаптивного управления и с искусственным интеллектом. Отличительной особенностью первой системы является то, что параметры управляющего устройства изменяются для сохранения требуемого качества при изменении внешних условий работы. Так, например, этот способ управления реализуется в классе импульсных вариаторов, например, таких как регуляторные, саморегулирующиеся, инерционные [13].

Системы с искусственным интеллектом – это наиболее совершенный класс адаптивных систем, который способен обеспечить автономное функционирование в соответствии с поставленными в самых общих формах целями в условиях максимальной неопределенности и изменчивости внешней среды. Разработке этих систем управления особенно в робототехнике, посвящено много работ [14]. В настоящее время очень широко такие системы нашли свое применение в самоходных гусеничных машинах с бесступенчатыми трансмиссиями [15]. Все они связаны в конечном итоге с синтезом такой системы управления, в контуре которой обязательно находится ЭВМ.

Теперь рассмотрим **конструктивные особенности** различных подклассов регулируемых механических передач. Одним из типов передач, которые нашли широкое применение в технике стали фрикционные передачи. Эти передачи, как подкласс механических, в силу наличия больших тангенциальных сил имеют следующие конструктивные особенности – они подвержены большому износу, наличию проскальзывания в точке контакта и, как следствие, имеют нестабильную функцию передаточного отношения. В силу этих причин передаваемая мощность колеблется от 10-20 кВт (для тортовых вариаторов) и до 250-400 кВт (для многодисковых вариаторов). Кинематический диапазон регулирования  $D$  зависит от схемы расположения дисков и для разных схем имеет разное значение. Так, для лобового вариатора диапазон регулирования практически нельзя получить больше 3-х, так как при малых диаметрах значительно возрастает скольжение и износ, а КПД понижается; с раздвижными конусами –  $D < 5$  (причем  $D = 5$  только для специальных широких типов ремней); торовый –  $D = 3 \dots 6,25$ ; дисковый –  $D$  до 4,5. КПД тоже зависит от конкретной схемы и для рабочего диапазона мощностей может теоретически достигать величин порядка 0,8-0,95, а практически выше 0,8 не бывает.

Таким образом, проведенный анализ технической и патентной литературы показал, что дальнейшее совершенствование фрикционных регулируемых передач может решать только вопросы, связанные с относительным улучшением их характеристик. Достижение же качественного отрыва в улучшении характеристик не может быть обеспечено в силу тех физических основ, которые заложены в этот способ передачи и преобразования энергии.

Во многих механических бесступенчатых передачах в процессе формирования регулируемого передаточного отношения нашли применение МСХ. Их анализ показывает, что наиболее распространенным в машиностроении МСХ на сегодняшний день являются самозаклинивающиеся механизмы (роликовые, эксцентриковые, клиновые и т.п.). Теория этих механизмов достаточно подробно была разработана и изложена в трудах ученых Н.К. Куликова, В.Ф. Мальцева, М.Ф. Балжи, А.А. Благонравова и др. Эти механизмы, заклиниваясь, обеспечивают передачу крутящего момента только в одном направлении. При расклинивании обеспечивается свободный ход. Таким образом, конструктивными особенностями этих МСХ, как и выше разобранных фрикционных передач, являются передача вращающего момента силами трения и малые углы заклинивания. Эти условия обуславливают большие нормальные силы в местах контакта, и, как следствие, высокие контактные напряжения и малую долговечность механизмов.

Попытка устранить этот недостаток привела к тому, что в процесс формирования передающих усилий в схему передачи были введены наряду с тангенциальными и нормальные силы. К таким МСХ относятся – микро храповые и рычажно-фрикционные. В микро храповых МСХ полностью устранены недостатки самозаклинивающегося фрикционных механизмов. Однако при их создании возникают иные проблемы: небольшой диапазон регулирования, низкий КПД, небольшая мощность, передаваемая механизмом, высокая виброактивность, повышенные динамические нагрузки при контакте храпового колеса с собачкой. В рычажно-фрикционных МСХ недостатки фрикционных механизмов частично были устранены. Однако они имеют собственные недостатки, которые не дают возможность использовать их в быстроходных передачах. Это связано с тем, что у них имеются более массивные заклинивающиеся захваты (чем ролики и эксцентрики), которые в динамике приводят к значительному нагреву передачи.

Диапазон регулирования колеблется (для разных схем) от 1,0 до 8,0 (теоретический) и от 1,2 до 2,0 (практический). Передаваемый момент равен 100 – 200 Нм. Таким образом, характеристики рычажно-фрикционных МСХ качественно не отличаются от других схем.

Из передач зацеплением, **конструктивные особенности** которых заслуживают внимание, необходимо отметить цепные вариаторы. Их анализ показывает, что существующие варианты их решений, построены, на различных принципах. Отталкиваясь от этих принципов, можно выделить схемы, построенные на изменении диаметра и количества зубьев на звездочках (см. А.с. № 1473454 СССР. Цепная передача), на использовании цепи в планетарном ряду в качестве эпицикла (см. А.с. № 1059329 СССР), или на коническом барабане для обычного наружного зацепления со звездочкой (см. А.с. № 1216496 СССР), а так же на применении зубчато-пластинчатых цепей или колец (см. А.с. №№ 894270, 1174639) на которых зуб формируется из пластин непосредственно при прохождении ведущих и ведомых барабанов. При этом нужно отметить, что зубчато-пластинчатые цепи, по сравнению с втулочно-роликовыми, имеют меньший КПД и худшую динамику, но на их основе значительно легче синтезировать работоспособный вариатор с достаточно большим диапазоном регулирования. Вариаторы со встроенными в планетарный ряд цепными передачами, в силу различных конструктивных ограничений имеют малый диапазон регулирования передаточного отношения и, кроме того, содержат ползуны, совершающие возвратно-поступательные движения при каждом обороте.

Что касается цепных вариаторов, основанных на изменении рабочего диаметра зубьев на звездочках, то большинство существующих схем вообще могут изменять свои параметры только при остановке или даже при снятии цепи, так как не учитывают изменения расстояния между зубьями звездочки в процессе регулирования. Например, схема вариатора, приведенная в (Пат. по заявке № 1549407 Великобритания). Исклю-

чением является решение, описанное в А.с. № 1473454 СССР и приведенное уже нами выше. Но здесь весь крутящий момент, проходящий через звездочку, передается всего одним сектором, у которого первым за оборот стал на упор штырь ограничитель. Кроме того, диапазон компенсации удлинения цепи на звездочке очень мал и не допускает существенного изменения диаметра звездочки в остановленном состоянии.

Разработка работоспособных бесступенчатых передач, основанных на зубчатом зацеплении, без применения зубчато-пластинчатых цепей или МСХ до недавнего времени, по сравнению с другими типами вариаторов, шла более медленными темпами. Такие вариаторы, как правило, основывались на использовании несовершенных видов зацепления, например, штырей (см. Пат. по заявке № 3001157 ФРГ), гребней (см. Пат. № 4326431 США), упругих зубчатых венцов из пружин (см. Пат. № 369148 Австрия), или щеток (см. А.с. № 1474354 СССР), шариков в качестве промежуточных тел зацепления (см. А.с. № 892053 СССР) и т. п. Кроме низкого по сравнению с обычным зубчатым зацеплением КПД, в этих передачах изменение скорости осуществляется перемещением одних элементов относительно других под нагрузкой, что вызывает их быстрый износ и снижает надежность передачи в целом. Существуют также зубчатые вариаторы, использующие разрезной венец (см. А.с. № 985515 СССР). Однако синтез на основе этой схемы вариатора, имеющего высокую нагрузочную способность и удовлетворительный диапазон регулирования очень проблематичен.

Попытки же снизить проходящий через вариатор поток мощности или расширить диапазон его регулирования привели к созданию приводов, использующих вариаторы в одной из ветвей двух или многопоточных схем с суммированием на дифференциальных механизмах (планетарных рядах). Некоторые авторы при размещении подобных приводов в одном корпусе называют их планетарными вариаторами, однако для соблюдения «чистоты» классификации, на наш взгляд, следует разделять собственно конструкцию вариатора и привода в целом. К чисто же планетарным вариаторам из всех известных конструкций можно отнести только цепочно-планетарные зубчатые вариаторы, о которых уже говорилось выше и в которых регулирование передаточного отношения происходит непосредственно внутри планетарного ряда.

Отдельным вопросом, который будет рассмотрен во второй части статьи, является вопрос классификации и структурной систематизации двухпараметрических передач и собственно того многообразия форм зубчатых колес, которое может возникать в связи с этим.

**Литература.** 1. Ковалюх Р.В., Волонцевич Д.О. *История и перспективы разработки зубчатых вариаторов.* // Тез. Докл. 1 Всеукраинского съезда по теории механизмов и машин, Харьков, 1997. 2. Заблонский К.И., Шустер А.Е. *Плавнорегулируемые передачи.* – Киев: Изд. техн. лит-ры, вып. 14, 1980. – 216 с. 3. Есипенко Я.И. *Механические вариаторы скорости.* – Киев: Государственное издательство технической литературы УССР, 1961. – 216 с. 4. ГОСТ 26546-85. *Вариаторы цепные.* – М.: Издательство стандартов, 1985. – 13 с. 5. ГОСТ 26957-86. *Вариаторы с широким клиновым ремнем.* – М.: Издательство стандартов, 1986. – 12 с. 6. Благодоров А.А. *Механические бесступенчатые передачи нефрикционного типа.* – М.: Машиностроение, 1977. – 143 с. 7. Тернюк Н.Э., Ковалюх Р.В., Волонцевич Д.О. *Алгоритм формализованного синтеза структуры зубчатых колес. Проблемы качества механических передач и редукторов.* – Ленинград, 1991, – С.58-59. 8. *Колесные и гусеничные машины высокой проходимости в 10-ти томах. Т.3: Трансмиссии. Кн. 2: Бесступенчатые трансмиссии: расчет и основы конструирования / Е.Е. Александров, В.Б. Самородов, Д.О. Волонцевич, А.С. Палащенко, под общ. ред. Е.Е. Александрова.* – Харьков: ХГПУ, 1996. – 201 с. 9. Ковалюх Р.В., Кондусова Е.Б., Тернюк Н.Э., Устиненко А.В. *Классификация, обзор конструкций и методов нарезания зубьев двухпараметрических передач.* // *Международ. науч.-техн. журнал «Borzodi muszaki gazda sagi elet»/ – Будапешт (ВНР).* – 1994. – №4-5, – С.176-182. 10. *Леонов А.И., Дубровский А.Ф. Механические бесступенчатые нефрикционные передачи непрерывного действия.* – М.: Машино-

До обговорення

строение, –191 с. 11. Яда Цуэдзи. Редукторные механизмы с шариковой передачей. – В журн. «Кикай но кенкю», т.28, 1976, – С.261-266. 12. CVT's seemed on the European horizon // *Automotive Engineering*, 1983, Volume 91, Number 12, – P.39-44. 13. Мальцев В.Ф. Механические импульсные передачи. – М.: Машиностроение, 1978. – 367 с. 14. Тимофеев А.В. Роботы и искусственный интеллект. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». – М., 1978, 192 с. 15. Петров В.А. Автоматическое управление бесступенчатых передач самоходных машин. – М.: Машиностроение, 1968. – 383 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Kovaljuh R.V., Voloncevich D.O. Istorija i perspektivy razrabotki zubchatyh variatorov. // *Tez. Dokl. 1 Vseukrainskogo s#ezda po teorii mehanizmov i mashin*, Har'kov, 1997. 2. Zablonskij K.I., Shuster A.E. Plavnoreguliruemye peredachi. – Kiev: Izd. tehn. lit-ry, vyp. 14, 1980. –216 s. 3. Esipenko Ja.I. Mehanicheskie variatory skorosti. – Kiev: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tehnicheckoj literatury USSR, 1961. –216 s. 4. GOST 26546-85. Variatory cepnye. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1985. –13 s. 5. GOST 26957-86. Variatory s shirokim klinovym remnem. –М.: Izdatel'stvo standartov, 1986. –12 s. 6. Blagonravov A.A. Mehanicheskie besstupenchatye peredachi nefrikcionnogo tipa. – М.: Mashinostroenie, 1977. – 143 s. 7. Ternjuk N.Je., Kovaljuh R.V., Voloncevich D.O. Algoritm formalizovannogo sinteza struktury zubchatyh koles. *Problemy kachestva mehanicheskikh peredach i reduktorov.* – Leningrad, 1991, –S.58-59. 8. Kolesnye i gusenichnye mashiny vysokoj prohodimosti v 10-ti tomah. T.3: Transmissii. Kn. 2: Besstupenchatye transmissii: raschet i osnovy konstruirovaniya / E.E. Aleksandrov, V.B. Samorodov, D.O. Voloncevich, A.S. Palawenko, pod obw. red. E.E. Aleksandrova. – Har'kov: HGPU, 1996. – 201 s. 9. Kovaljuh R.V., Kondusova E.B., Ternjuk N.Je., Ustinenko A.V. Klassifikacija, obzor konstrukcij i metodov narezaniya zub'ev dvuhparametricheskikh peredach. // *Mezhdunar. nauch.-tehn. zhurnal «Borzodi muszaki gazda sagi elet»/ – Buda-pesht (VNR).* – 1994. – №4-5, – S.176-182. 10. Leonov A.I., Dubrovskij A.F. Mehanicheskie bes-stupenchatye nefrikcionnye peredachi nepreryvnogo dejstvija. – М.: Mashinostroenie, –191 s. 11. Яда Цуедзи. Редукторные механизмы с шариковой передачей. – В журн. «Кикай но кенкю», т.28, 1976, – С.261-266. 12. CVT's seemed on the European horizon // *Automotive Engineering*, 1983, Volume 91, Number 12, – R.39-44. 13. Mal'cev V.F. Mehanicheskie impul'snye peredachi. – М.: Mashinostroenie, 1978. – 367 с. 14. Timofeev A.V. Roboty i iskusstvennyj intellekt. *Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury izdatel'stva «Наука».* – М., 1978, 192 с. 15. Petrov V.A. *Avtomaticheskoe upravlenie besstupenchatyh peredach samohodnyh mashin.* – М.: Mashinostroenie, 1968. – 383 с.

Волонцевич Д.О., Ковалюх Р.В., Кондусова Н.В.

ОСНОВИ КЛАСИФІКАЦІЇ РЕГУЛЬОВАНИХ МЕХАНІЧНИХ ЗУБЧАСТИХ  
ПЕРЕДАЧ ТА ДЕЯКІ ПИТАННЯ ЇХ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ

У викладеному в даній статті матеріалі розглядаються питання систематизації та класифікації регульованих механічних передач, у тому числі і зубчастих. Обґрунтовано ієрархічну побудову класифікації таких передач.

Volontsevich D., Kovaljuh R., Kondusova N.

BASES OF THE MANAGED MECHANICAL GEARING CLASSIFICATION  
AND SOME QUESTIONS OF THEIR STRUCTURAL SYNTHESIS

In stated in given article material are considered questions to systematizations and categorizations of the controlled mechanical issues, including toothed. It is motivated hierarchical construction to categorizations of such issues.

---