

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Р. С. АМБАРЯН

РАСШИРЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗУБЧАТЫХ
ЗАЦЕПЛЕНИЙ

Классификации зубчатых зацеплений посвящено множество работ, из которых наиболее полными являются труды Гавриленко, Пенькова, Ерихова [1] и др. В указанных работах, целью которых является правильный выбор зубчатого зацепления с конкретными эксплуатационными свойствами, для классификации выбраны признаки, характеризующие назначение передачи, процесс образования рабочих поверхностей зубьев, форму их контакта, расположение и т. д.

Все эти признаки рассматриваются для передач с обычными жесткими зубьями, которые в работе и состоянии покоя, при равномерных и динамических режимах практически не меняют первоначальную геометрию рабочего профиля зубьев. Однако, существуют такие передачи, которые при динамических условиях работы позволяют геометрические изменения контактирующих поверхностей, качественные изменения формы контакта зубьев и положения расчетной точки относительно осей вращения зубчатых колес.

Имеющиеся классификации передач не отражают указанные явления и особенности работы зуба. В них не учтен фактор существования жесткого или обычного, полужесткого и упругого, цельного или сборного, обработанного предварительно или образованного непосредственно в процессе зацепления зуба.

С целью обоснования новой классификации системы зубчатых зацеплений рассмотрим некоторые зубчатые передачи, которые имеют те или иные особенности и переменный характер работы.

Экспериментально доказано, что характер работы жесткого зуба можно изменить применением упругого зубчатого венца из пружинной стали, который смещая опасное сечение зуба на некоторый угол, увеличивает несущую способность описанного зуба, примерно, в 1,05—1,2 раза [2].

Сравнивая работу указанного полужесткого зуба с жестким, замечаем, что упругий венец меняет размеры контактирующих поверхностей: в нагруженном состоянии, когда основание ведущего зуба 2 соприкасается с головкой зуба 2' ведомого, упругий элемент перераспределяет

нагрузку с головки на всю поверхность жесткого зуба. Если рассмотреть работу зубьев 2' и 1 (рис. 1), то для полюса зацепления Р нагрузка при помощи упругой ленты распределяется, начиная с этой точки до основания жесткого зуба. В данном случае распределение нагрузки по поверхности жесткой части зуба имеет переменный характер и зависит от многих факторов, в частности, от способа закрепления упругого элемента во впадинах зубьев.



Рис. 1. Зацепление зубьев с упругим лентом.

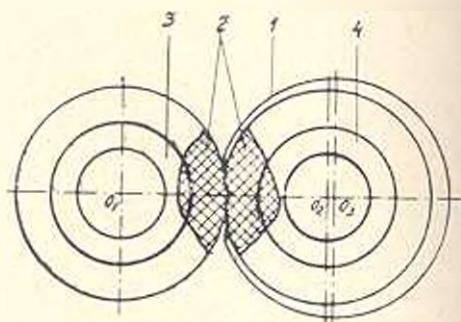


Рис. 2. Зацепление с мгновенно генерируемыми зубьями.

Описанная конструкция не исчерпывает все разновидности передач с переменной характеристикой. Например, нами испытаны передачи, где на колесах зубья заранее не обрабатываются, а мгновенно генерируются в зоне зацепления зубогенератором 1 за счет местных деформаций на упругих телах 2, закрепленных на металлических ступицах 3 и 4 (рис. 2). Для упругих тел хорошим материалом служит полиуретан, обладающий достаточной долговечностью и способностью к местным деформациям. К вышеописанному зацеплению можно отнести и такие, у которых обычное зубчатое колесо мгновенно генерирует зубья на гладкой упругой поверхности парного колеса. В обоих случаях генерированные зубья, проходя зону зацепления и выполняя полезную работу, исчезают с прекращением воздействия в первом случае зубогенератора, а во втором — обычного зубчатого колеса.

Весьма интересные особенности имеет передача с полужесткими зубьями [3], где полужесткость зубьев достигается наличием свободных краев зубьев (рис. 3). Свободные края, возникающие за счет торцовых проточек под основания зубьев, при зацеплении зубчатых колес с погрешностями изготовления или монтажа, например, при наличии угла скрещивания β осей колес, под нагрузкой деформируются, обеспечивают повышенную прилегаемость сопряженных поверхностей и демпфируют ударный характер передачи. При малых нагрузках эти деформации могут быть незначительными, а прилегаемость сопряженных поверхностей — крошечной. В зависимости от изменения условий работы, погрешностей монтажа и износа рабочих поверхностей, протяженность и расположение контакта между зубьями передачи изменяется.

Наличие податливых участков, по расчетам и данным экспериментов, позволяют повысить не только несущую способность и точность передачи, но и снижают ее шум на 5—8 дБ. Следовательно, зацепления с переменными свойствами действительно существуют, жизненны и их классификацию считаем необходимой.

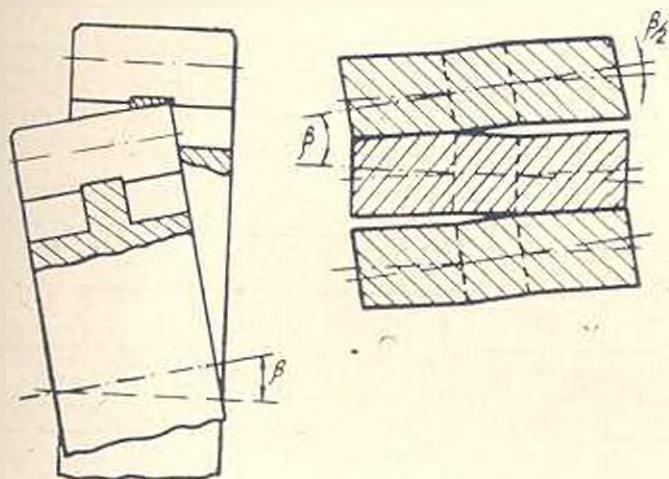


Рис. 3. Колесо со свободными краями зубьев.

Однако, описанные конструкции нельзя охватить существующими классификациями вообще, и классификацией [1] в частности, потому что они не учитывают зацепления с переменным характером.

Вновь предлагаемая расширенная классификация системы зацеплений имеет вид, представленный на рис. 4.

Принципиальной новизной рассматриваемой классификации является введение двух новых категорий, после чего происходит «раздвоение» существующих понятий оценки зубчатых зацеплений, общепринятых методов их классификаций и т. д.

Нами предлагается две новые категории:

- зацепления с постоянной характеристикой;
- зацепления с переменной характеристикой.

Зацепления с постоянной характеристикой в статическом и динамическом состояниях имеют постоянную геометрию и стабильную форму контакта сопряженных поверхностей зубьев. Как правило, зубья зацепляющихся колес данной категории обрабатываются одной из известных схем зубообработки и имеют сравнительно высокую жесткость.

Зацепления с переменной характеристикой в работе и в состоянии покоя зачастую имеют переменную геометрию и форму контакта сопряженных поверхностей.

Чтобы не создалось ложное представление о непригодности зацеплений с переменной характеристикой, отметим, что переменность в этих случаях не является бесконечной: она лишь отражает изменения характера работы зацепления (при пуске, останове, динамическом характе-

ре работы) и со стабилизацией режимов работы исчезает. В случае возникновения новых факторов, возмущающих стабильность работы зацепления, происходит соответствующая коррекция характера касания сопряженных поверхностей зубьев, которая для данных условий является стабильной и оптимальной.

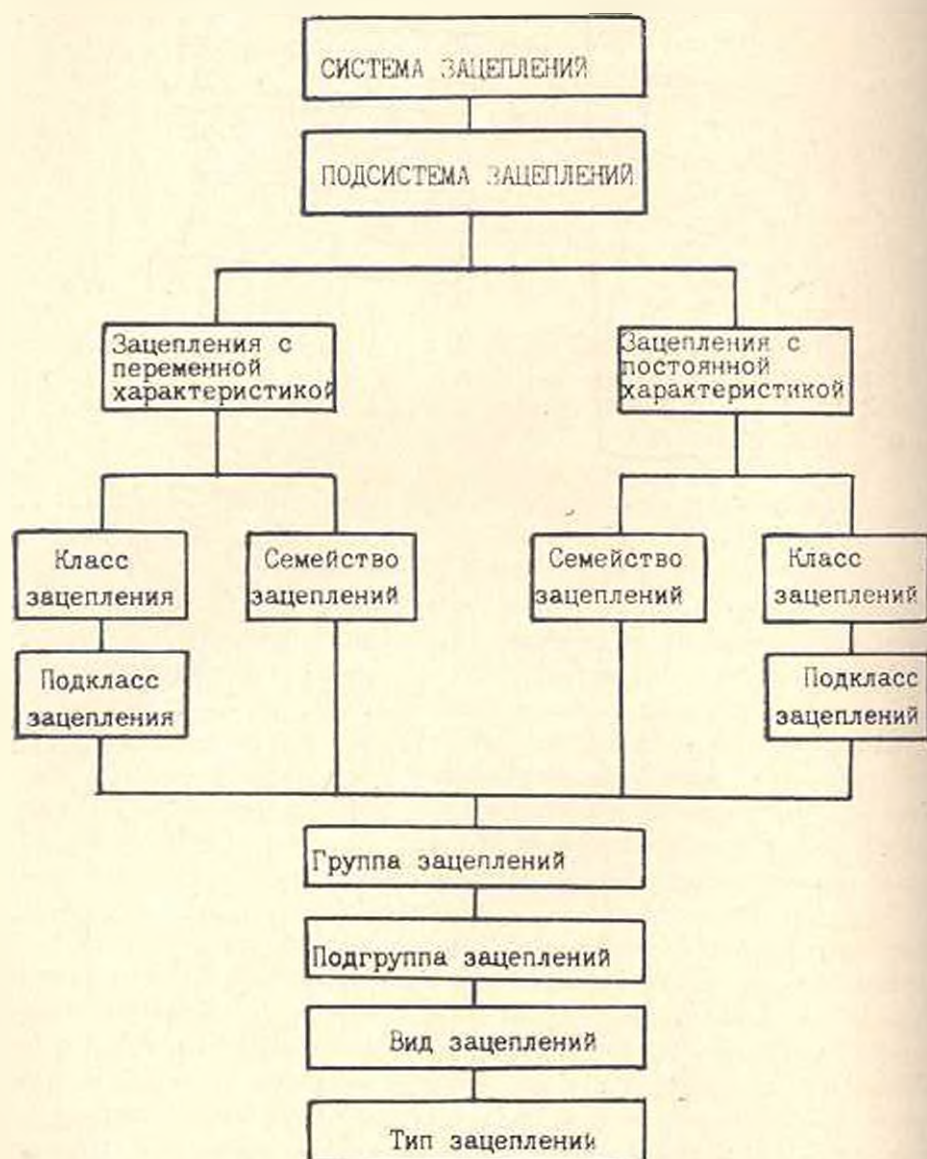


Рис. 4. Классификация системы зубчатых зацеплений

Каждая новая категория зацеплений с постоянной и переменной характеристиками и предложенной классификации должна иметь соответствующие семейства, классы и подклассы.

Нами предлагаются три семейства зацеплений с переменной характеристикой.

1. Семейство зацеплений с частично видоизменяющейся образующей сопряженных поверхностей.

2. Семейство зацеплений с видоизменяющейся образующей сопряженных поверхностей.

3. Семейство мгновенно генерируемых зацеплений.

Первое семейство зацеплений имеет такую сопряженную поверхность, которая при переходе зацеплений из статического состояния в динамическое частично видоизменяется, но не теряет свойственные ему геометрические свойства (рис. 1).

Для зацеплений второго семейства характерно то, что сопряженные поверхности теряют свои первоначальные геометрические параметры, например, эвольвентная поверхность на месте контакта превращается в плоскую или вогнутую поверхность.

Семейство мгновенных зацеплений характеризуется генерированием зубьев в зоне зацепления (рис. 2). Подобные зацепления могут иметь переменный характер работы, если нормальная сила в зацеплении будет переменной. В этом случае переменность выражается в полном или неполном генерировании высоты зуба, что в свою очередь сказывается на несущей способности передачи.

Категория «класс» для зацеплений с переменной характеристикой определяется не только совокупностью характеристик станочного зацепления, но и дополнительными категориями, например:

— характером взаимодействия между гибким элементом и жестким зубом;

— количеством податливых участков на одном зубе;

— характером образования зубьев (мгновенное генерирование зубьев только на одном колесе, на двух зацепляющихся колесах одновременно и т. д.);

— возможностью образования на одном зубчатом колесе зубьев переменного направления при помощи зубогенераторов соответствующей конструкции (прямые и косые зубья);

— конструкцией зуба (упругий, полужесткий, цельный, сборный и т. д.).

Предложенная классификация завершается общезвестными категориями — группа, подгруппа, вид и тип, которые являются общими для всех зацеплений.

Группа характеризуется постоянством и переменностью передаточного отношения. Если переменность передаточного отношения для зацеплений с постоянной характеристикой не находит широкого использования из-за трудностей обработки зубьев на некруглых колесах, то для мгновенных передач это не является проблемой. Для этого достаточно изготовить гибкие эксцентричные тела 2 и между ними пропустить зубогенератор 1 (рис. 2).

Подгруппа зацеплений характеризуется точностью передаточного отношения.

Вид зацеплений характеризуется относительным расположением осей вращения зубчатых колес в рабочем зацеплении.

Принадлежность зацепления тому или иному типу определяется постоянством или переменностью формы и расположения расчетной точки контакта сопряженных поверхностей относительно осей колес в рабочем зацеплении [1].

Предложенная и обоснованная на конкретных примерах классификация, используя уже установленные понятия, расширяет возможности классификации зубчатых зацеплений, делает ее более объемной и предусматривает дальнейшее развитие и создание новых неожиданных по замыслу передач.

Армения институт им. Х. Абовяна

Поступило 10. VI. 1980

Ռ. Ս. ՀԱՄԵԱՐՅԱՆ

ԱՏՈՄԱՆԱԿԱՌՉՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԴԻ ԸՆԴԱՅՆՎԱՆ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Դիտարկվում է ատամնավոր փոխանցումների մի քանի կոնստրուկցիաներ, որոնք ունեն աշխատանքային փոփոխական բնութագիր և չեն կարող ընդգրկվել զործող դասակարգումներով: Առաջարկված է ատամնակառչման համակարգի նոր դասակարգում, որը ամբողջովին զգուշործելով ատամնավոր փոխանցումների մասին գոյություն ունեցող հասկացողությունները, բնորոշվում է ատամնակառչման դասակարգման սահմանները և նախատեսում նոր ու արդեն գոյություն ունեցող ատամնավոր փոխանցումների հետադադարապես:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ерихов М. Л. Принципы систематикн, методы анализа и вопросы синтеза схем зубчатых зацеплений. Автореферат докт. дисс., Хабаровский политехн. инст., 1972.
2. Амбарян Р. С., Тер-Акопян К. А., Давтян В. В. Нагрузочная способность зубца с глубоким профилем «Промышленность Армении», 1977, № 2.
3. W. Hotine, Antibacklash gear system, 1953, Serial, No. 338.948.