

9. Mandelbrot B.B. Fractals // Encyclopedia of Physical Science and Technology. – N.Y.: Academic Press, 1987. V.5. P.579-593.
10. Hurst H.E., Black R.P., Simaika Y.M. Long-Term Storage: An Experimental Study. – L.: Constable, 1965.
11. Саушкин Б.П. Шандров Б.В., Моргунов Ю.А. Перспективы развития и применения физико-химических методов и технологий в производстве двигателей / Известия МГТУ «МАМИ». –2012, - Т. 2. №2 (14), - с. 242-248.

К вопросу повышения эффективности расчёта зубчатых и червячных передач

к.т.н. доц. Лукьянов А.С., Стариков А.И.
Университет машиностроения
8 (495) 223-05-23, salek61@mail.ru

Аннотация. В статье предложен усовершенствованный алгоритм расчета зубчатой и червячной передач, позволяющий проводить сравнительный анализ и последующий выбор материалов, из которых будут изготовлены взаимодействующие детали. На основе предлагаемого алгоритма разработана программа проектного и проверочного расчета червячной и зубчатой передач.

Ключевые слова: зубчатая и червячная передача, алгоритм расчета, материал, скорость скольжения, эмпирическая формула

Расчёт зубчатых и червячных передач является важным этапом в курсовом проектировании при изучении общетехнической дисциплины «Детали машин и основы конструирования» и имеет своей целью приобретение студентами навыков и приемов проектирования механизмов и машин.

Используемый студентами расчет зубчатых и червячных передач должен давать студенту возможность анализа и последующего оптимального выбора размеров и материалов, из которых будут изготовлены детали передач. Принятый в учебном процессе на сегодняшний день расчет зубчатых и червячных передач имеет много условных факторов, не позволяющих успешно осуществить выбор окончательного варианта.

Практика расчета предусматривает выбор только одной комбинации материала червяка и колеса, которая в дальнейшем определит габаритные размеры передачи. Такой подход не позволяет в учебном процессе проанализировать возможность использования других комбинаций материалов передачи в проектном расчете.

Например, в расчете червячной передачи есть недостаток, заключающийся в том, что материал для изготовления зубчатого венца колеса определяют в зависимости не от реальной, а от ожидаемой скорости скольжения в зацеплении, которую определяют по эмпирической формуле [1]:

$$V_{ск} = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot n_1 \cdot \sqrt[3]{T_2}, \text{ м/с},$$

где: n_1 - частота вращения вала червяка в мин^{-1} ;

T_2 - максимальный длительно действующий крутящий момент на валу колеса в Н*м.

В зависимости от этой ожидаемой скорости скольжения определяются несколько важных параметров червячной передачи: степень точности изготовления, коэффициент нагрузки и механические характеристики материалов червяка и колеса. На основе этих параметров осуществляется проектный расчёт червячной передачи. Однако полученное значение ожидаемой скорости скольжения, как правило, значительно отличается от реальной скорости, определяемой по зависимости [1]:

$$V_{\hat{n}\hat{e}} = \frac{V_1}{\cos \gamma_w} \text{ м/с}$$

где: V_1 - окружная скорость на начальном цилиндре червяка в м/с,

γ_w - начальный угол подъема линии витка в градусах.

Неточность определения этих параметров в проектном расчёте вызывает необходимость их уточнения в проверочном расчете. Это увеличивает количество необходимых вычислений и время их проведения как в проверочном, так и в проектном расчете червячных передач. При этом в этих расчётах рассматривается только одна комбинация материалов червяка и колеса, предварительно выбранная на основе неточной ожидаемой скорости скольжения.

Аналогичные вычисления ожидаемой окружной скорости в зацеплении производятся по соответствующей эмпирической формуле и в зубчатых передачах [2]:

$$V \approx \frac{n_1 \cdot \sqrt[3]{T_1}}{2000}, \text{ м/с,}$$

где: n_1 - частота вращения шестерни;

T_1 - вращающий момент на валу шестерни.

По полученному значению скорости в зубчатых передачах также определяются важные параметры: степень точности изготовления и коэффициенты нагрузки. Однако полученное значение ожидаемой окружной скорости и здесь, как правило, значительно отличается от реальной скорости, определяемой по зависимости [2]:

$$V = \frac{\pi \cdot d_{w1} \cdot n_1}{60000}, \text{ м/с,}$$

где: d_{w1} - начальный диаметр шестерни.

Вследствие недостаточной точности окружной скорости в зацеплении выбор значений этих важных параметров также является приблизительным и подлежащим дальнейшему уточнению в проверочном расчете. Корректирование этих параметров не только усложняет эти вычисления, но и не дает возможности рассмотреть в расчете применение других комбинаций материалов. Принятый алгоритм расчета червячной передачи лишает возможности анализа преимуществ и недостатков использования других материалов. Это не дает студенту практического понимания влияния выбора материалов на полученные в результате расчета геометрические параметры передач и долговечности ее работы.

На рисунке 1 показан описанный выше принятый алгоритм расчета червячной передачи.

Как показывает анализ, основные трудности в расчетах зубчатых и червячных передач связаны с определением скоростей скольжения и зацепления по имеющимся эмпирическим зависимостям. С целью устранения этого недостатка в расчетах необходимо оперировать истинными скоростями скольжения и зацепления. Для определения их необходимо знать основные геометрические параметры зубчатой или червячной передач. Только после определения геометрических размеров передач необходимо осуществлять выбор материалов, из которых будут выполнены зубчатые колеса и червяк. В процессе выбора имеется возможность рассмотреть несколько комбинаций материалов, из которых будут выполнены взаимодействующие друг с другом детали известных размеров.

Сравнительный анализ этих комбинаций позволит не только выбрать оптимальные материалы для данной передачи, но и практически выявить влияние различных материалов на габаритные размеры и ресурс работы передач. При сравнении комбинаций материалов можно также учесть и экономические составляющие, а именно стоимость того или иного применяемого материала.

Для обеспечения указанного алгоритма предлагается следующий способ расчета червячной передачи. Вначале определяются основные размеры передач без вычисления ожидаемой скорости скольжения. В зависимости от возможных габаритных размеров электропривода мы определяем один из основных размеров передачи - межосевое расстояние. Как пока-

зывает анализ, электропривод - устройство электродвигателя с редуктором – имеет в большинстве случаев равное (50% на 50%) соотношение габаритных размеров двигателя и редуктора. Особенно это проявляется в более компактных мотор-редукторах (см. рисунок 2).

I Расчёт червячной передачи

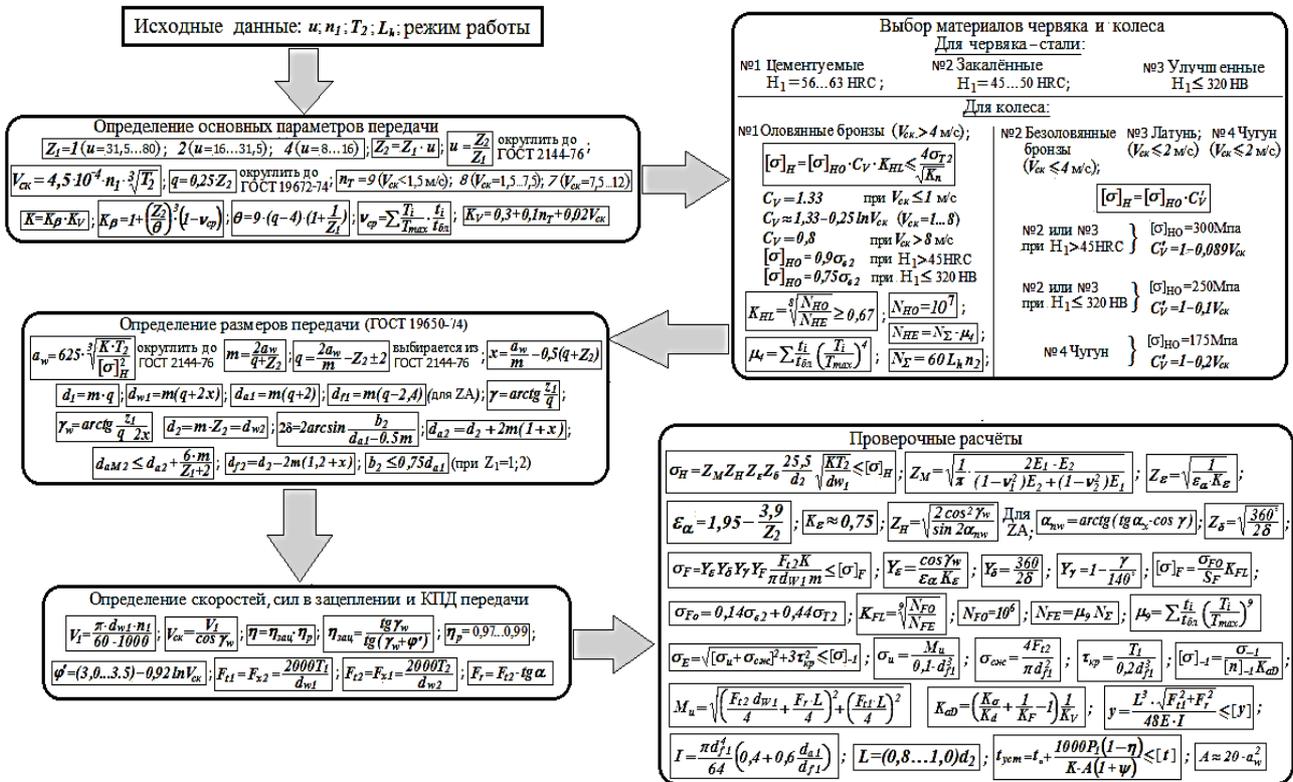


Рисунок 1

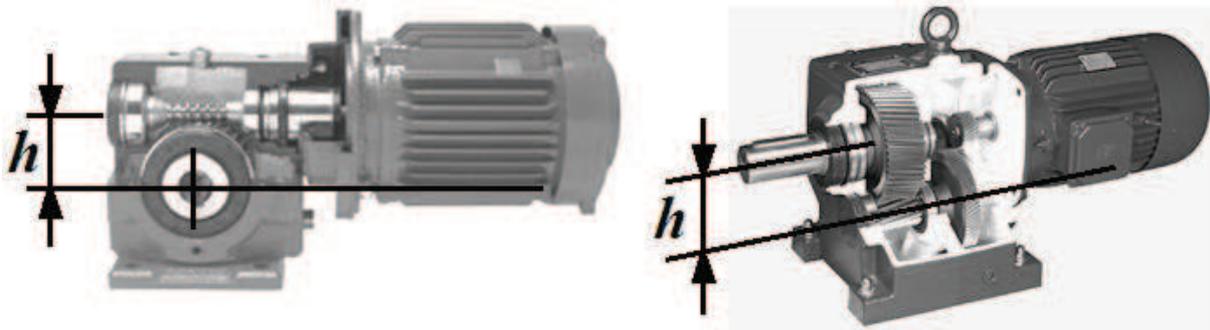


Рисунок 2

Как показано на рисунке 2, размер h выбранного двигателя соизмерим с межосевым расстоянием редуктора. Поэтому в предлагаемом расчете принимаем межосевое расстояние a_w редуктора приблизительно равным установочному размеру h предварительно выбранного для привода электродвигателя. Исходя из межосевого расстояния a_w , определяются все оставшиеся геометрические размеры червячной передачи. Затем определяются основные параметры червячной передачи, в том числе истинная скорость скольжения и действующие контактные напряжения в зацеплении. Далее производится выбор материалов, у которых допускаемые контактные напряжения будут равными или немного больше действующих контактных напряжений в зацеплении. Такой подход позволяет в расчете определить те механические характеристики материалов червяка и колеса, которые обеспечат необходимую прочность в течение заданного срока службы. При определении окончательного выбора данный подход позволяет рассмотреть и сравнить между собой несколько комбинаций материалов червяка и колеса с соответствующими механическими характеристиками.

В завершении предлагаемого расчета проводятся проверочные расчеты по оставшимся

критериям: по изгибным напряжениям зуба колеса, жесткости и прочности вала червяка и тепловому балансу редуктора.

На рисунке 3 представлен алгоритм предлагаемого расчета червячной передачи без использования эмпирических формул.

II Расчет червячной передачи

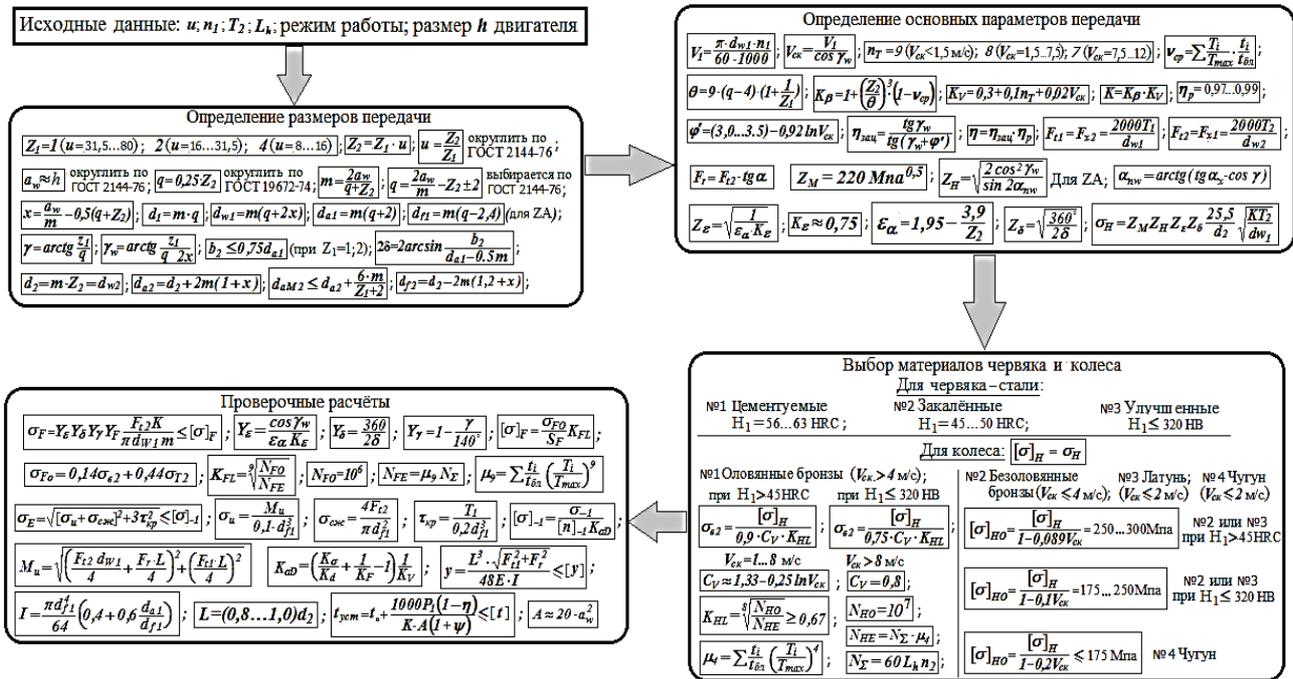


Рисунок 3

На основе предлагаемого алгоритма (рисунок 3) разработана программа вычисления проектного и проверочного расчета червячной и зубчатой передач.

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет более эффективно производить расчет и выбор зубчатой и червячной передачи. Кроме того, в учебных целях данный алгоритм ярко показывает взаимовлияние основных параметров зубчатой и червячной передачи.

Литература

1. Белоглазов В.Г., Лукьянов А.С., Пустынцев Е.Н., Рябов В.А. Червячный редуктор (пример проектирования). Методические указания к курсовому проектированию для студентов всех машиностроительных специальностей. МГТУ «МАМИ», 2003
2. Баловнев Н.П., Пронин Б.А. Расчет цилиндрических зубчатых передач на прочность. Учебное пособие по дисциплине «Детали машин и основы конструирования» для студентов машиностроительных специальностей. МГТУ «МАМИ», 2006

Учебно-воспитательная работа на факультете автоматизации и информационных технологий

к.х.н. Русакова С.М., Горина Ю.Е., к.т.н. Бавыкин О.Б.

Университет машиностроения

8(495)223-05-23 rusakoval4@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены основные проблемы адаптации первокурсников с учетом специфики ВУЗовского образования. Представлены направления и методы воспитательной деятельности факультета автоматизации и информационных технологий Университета машиностроения. Внесены предложения по улучшению учебно-воспитательной работы факультета и Университета в целом.

Ключевые слова: учебно-воспитательная работа, куратор, адаптация, первокурсник.