

ВЛИЯНИЕ СМАЗКИ НА КПД ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

*Гынгазов В.Н., Черемискина М.С.
НИ ТПУ, ИШНПТ, группа 4А21
e-mail: vng8@tpu.ru, mcherry@tpu.ru*

Выбор смазки играет важную роль в проектировании редуктора. Смазка защищает редуктор от износа, коррозии, высокого трения. КПД – один из важных параметров редуктора, который необходимо оптимизировать для более качественной работы машины. Как известно, в двухступенчатом редукторе КПД зависит от КПД отдельных звеньев редуктора. В данной статье будет рассматриваться именно зубчатая передача.

Потери мощности в зубчатых передачах уходят на трение, гидравлические потери, деформации зубьев, шумы и вибрации, несовершенство зацепления. Влияние этих факторов на КПД можно уменьшить, если добавить в зацепление смазочную жидкость. При смазывании поверхностей образуется гидравлический эффект. При этом эффекте образуется плёнка между зубьями. Чем толще плёнка, тем меньше прямого контакта между поверхностями, а значит меньше трения между ними. Но, с другой стороны, чем больше эта плёнка, тем больше трения между маслом и зубьями. Кинематическая вязкость – это параметр, определяющий величину этого масляного слоя, а значит и на КПД.

Температура системы «колесо, шестерня, смазка» тоже вносит свой вклад в потери энергии. Так как при нагреве деталей, их металл расширяется, то и площадь контакта увеличивается. Из-за увеличения площади контакта трение возрастает. Также высокая температура влияет на вязкость смазки, что тоже может повлиять на трение. Для регулировки температуры необходимо снижать установившуюся температуру. Это можно сделать за счёт добавления охлаждающей жидкости, тем самым избежать негативный эффект от нагрева. Также можно использовать смазку с хорошей теплоотдачей тепла. Теплоотдача тепла также зависит от вязкости смазки. Чем выше вязкость, тем выше теплоотдача.

Поэтому для максимизации КПД редуктора следует подобрать смазку с оптимальной вязкостью.

Но самого значения вязкости недостаточно для выбора смазки. Поэтому важен ещё такой параметр, как индекс вязкости. Он показывает изменение вязкости от температуры. Ниже представлена формула расчёта:

$$VI = \begin{cases} 100 \frac{L-U}{L-H}, VI \leq 100 \\ 100 + \frac{e^{\frac{\ln H - \ln U}{\ln Y}} - 1}{0,00715}, VI > 100 \end{cases}$$

где L – кинематическая вязкость масла при 40 °С с индексом вязкости 0; Y – кинематическая вязкость при 100 °С, индекс вязкости которого необходимо рассчитать, мм²/с; H – кинематическая вязкость масла при 40 °С с индексом вязкости 100, имеющего ту же кинематическую вязкость при 100 °С, что и масло, индекс, мм²/с; U – кинематическая вязкость при 40 °С смазочного материала или нефтепродукта.

Этот параметр учитывает поведение вязкости при высоких температурах. Чем больше индекс, тем меньше проявляется зависимость вязкости от температуры. Поэтому также как и для вязкости у индекса есть набор оптимальных значений.

Для червячных и конических редукторов оптимальные значения индекса вязкости 220–460 единиц, для цилиндрических 100–460.

Хоть вязкость и является основным параметром при выборе смазки, есть и другие факторы, косвенно влияющие на КПД редуктора. Смазка должна обладать антипенными, противоизносными и т. д. свойствами. Эти свойства хоть и влияют больше на ресурс и функционал

механизма. Но при несоответствии этих свойств нормам, свойства смазки и форма зуба, и вследствие и кинематика зубчатого зацепления может ухудшиться, что негативно повлияет на КПД.

Определим подходящую смазку по типу базового масла. Следует отметить, что при выборе оценивается лишь влияние на КПД засчёт примерного диапазона вязкости для различных типов смазок и их свойств. Для более детального сравнения необходимо учитывать такие факторы как окружную силу в зацеплении, скорость редуктора и т. д.

Рассмотрим минеральные масла. Их индекс вязкости находится в пределах 85–120 единиц. Это говорит о неустойчивости вязкости при больших температурах, что может привести к большому трению между поверхностями. Они применимы для цилиндрических передач, так как они менее требовательны к устойчивости масла к большим изменениям температуры.

Рассмотрим синтетические масла. Их индекс вязкости находится в пределах 150–180 единиц. Это наиболее оптимальный вариант для зубчатых передач. Также стоит учитывать, что синтетическое масло выигрывает у минерального и по остальным параметрам, косвенно влияющим на сохранение свойств вязкости и на кинематику зацепления, таким как, антипенность, противоизнос. Их свойства позволяют им применяться во всех редукторах.

То есть, по типу базового масла, синтетическое масло лучше подходит для максимизации КПД, но несмотря на это минеральное масло тоже нашло обширное применение в редукторах в следствии их дешевизны.

Итак, можно заключить, что КПД является важным параметр, обеспечивающий эффективность машины. Для его повышения при выборе смазки есть много свойств, влияющих на трение, однако основным свойством является кинематическая вязкость. У синтетических масел вязкость является оптимальной для максимизации КПД. Но для более тщательного выбора масел следует учитывать и другие задачи, например, такие как поддержание надёжности, долговечности редуктора.

Список литературы

1. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. – Конструирование узлов деталей машин. – Москва – Машиностроение – 2004. С. 172–173.
2. Семёнов Ю.С. О КПД зубчатых передач при консистентной смазке // Известия Томского ордена трудового красного знамени политехнического института им. С.М. Кирова. – 2004. – С. 1–2.
3. Корнеев С.В., Буравкин Р.В., Ширлин И.И., Лавриенко Н.С., Иванников А.А. Выбор трансмиссионных масел для применения в условиях отрицательных температур // Омский научный вестник. – 2013. – С. 1–2.
4. Ерошкин Н.А. Особенности окисления смазочных масел // Наука без границ. – 2016. – № 5. – С. 2.
5. ГОСТ 17479.2-2015. Масла трансмиссионные. Классификация и обозначение. – С. 2, 7.