

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ В РЕВЕРСИНЖИНИРИНГЕ

Будаев В.Е.
НИ ТПУ, ИШНПТ гр. 4А22,
e-mail: veb12@tpu.ru

Зубчатое зацепление является важным элементом многих механизмов, передающих вращающий момент между валами. Модуль зубчатого зацепления – это параметр, определяющий размер зубьев на зубчатом колесе. Он используется для расчета размеров и геометрии зубьев, а также влияет на их взаимодействие в процессе работы передачи. В реверс инжиниринге, который включает восстановление и реконструкцию деталей, точное определение модуля зубчатого зацепления необходимо для восстановления изношенных или устаревших механизмов, а также для создания новых или улучшения существующих конструкций.

Теоретическая основа. Модуль m зубчатого зацепления вычисляется как отношение диаметра делительной окружности d к числу зубьев z :

$$m = \frac{d}{z},$$

где d – диаметр делительной окружности (мм); z – количество зубьев на колесе.

Этот параметр определяет размер зубьев и влияет на такие характеристики, как шаг зуба, угол давления и прочность зацепления. Модуль используется для расчета всех параметров зубчатого зацепления и выбора зубьев для механизмов с заданными параметрами.

Области применения в реверс инжиниринге

1. **Импортозамещение и восстановление отечественных аналогов.** В условиях импортозамещения важным аспектом является восстановление и производство компонентов, которые ранее импортировались из-за рубежа. Реверс инжиниринг позволяет точно определить модуль зубчатого зацепления и изготовить детали для механических систем, используя локальные материалы и технологии.

2. **Модернизация существующих механизмов для увеличения ресурса и снижения зависимости от импорта.** В условиях экономической нестабильности или санкционных ограничений модернизация существующих механизмов через реверс инжиниринг позволяет не только заменить устаревшие или изношенные части, но и улучшить их характеристики, что также способствует повышению их ресурса. Определение модуля зубчатого зацепления в таких случаях помогает адаптировать компоненты для замены импортных аналогов, снижая зависимость от иностранных поставок.

3. **Проектирование и производство новых передач с учетом локальных стандартов.** Одной из целей реверс инжиниринга является адаптация оборудования под локальные стандарты и технологии. Это актуально при проектировании новых зубчатых передач для отечественного производства, когда важно использовать материалы, доступные в России и других странах СНГ.

4. **Ремонт импортных механизмов.** Для восстановления или ремонта сложных механизмов, например, в аэрокосмической или автомобильной промышленности.

Различия в определении модуля в разных странах. Модуль зубчатого зацепления может рассчитываться по-разному в зависимости от системы измерений, принятой в разных странах. В большинстве стран используется метрическая система, однако в США и Великобритании применяется дюймовая система, что требует использования различных методов расчета и перевода значений.

1. **СНГ и Россия.** В СНГ и России используется метрическая система, где модуль измеряется в миллиметрах. В этих странах применяется стандарт ISO, и при проектировании зубчатых колес преобразований между системами не требуется.

2. **США и Великобритания.** В США и Великобритании используется дюймовая система. Вместо модуля здесь применяется диаметральный шаг (диаметр делительной окруж-

ности, выраженный в дюймах, деленный на количество зубьев). Диаметральный шаг P и модуль m связаны через формулу:

$$p = \frac{25,4}{m}.$$

Для перевода модуля из миллиметров в дюймы используется коэффициент 25,4.

Например, если модуль составляет 4 мм, то для США и Великобритании он будет равен 0,1575 дюйма.

Стандартные значения диаметрического шага в США и Великобритании:

- Fine Pitch (мелкий шаг) – 48 зубьев на дюйм ($P = 48$) – $m \approx 0,529$;
- Standard Pitch (стандартный шаг) – 32 зуба на дюйм ($P = 32$) – $m \approx 0,794$;
- Coarse Pitch (крупный шаг) – 16 зубьев на дюйм ($P = 16$) – $m \approx 1,588$;
- Very Coarse Pitch (очень крупный шаг) – 8 зубьев на дюйм ($P = 8$) – $m \approx 1,588$.

В странах Европы и Азии также используется метрическая система и стандарты ISO

Учет изменений при производстве аналогичной детали. После перевода параметров важно учесть несколько аспектов, чтобы точно создать замену оригинальному зубчатому колесу:

1. Проверка совместимости с остальными деталями: после перевода модуля и других параметров зубчатого зацепления необходимо удостовериться, что новое колесо будет правильно работать с другими компонентами системы (например, с валом, вторым колесом и т. д.). Если в системе используются другие зубчатые передачи, важно проверить передаточное число и совместимость зубьев.

2. Использование стандартных размеров зубчатых колес: В России для зубчатых колес обычно применяют стандарты, такие как ISO 54 и ГОСТ 1643-80, которые имеют свои рекомендованные значения модуля и другие параметры. В случае, если точный аналог не существует, можно использовать ближайший стандартный размер для уменьшения погрешности при замене.

3. Дополнительные корректировки при производстве: В зависимости от требований эксплуатации, зубчатые колеса могут потребовать дополнительных доработок, таких как: шлифовка зубьев для повышения точности и износостойкости; термическая обработка для повышения прочности материала зубчатого колеса; корректировка углов давления для улучшения взаимодействия зубьев и уменьшения износа.

4. Материалы и технологии производства: важно выбрать аналогичные или улучшенные материалы для изготовления зубчатого колеса, чтобы оно соответствовало необходимым требованиям по прочности, износостойкости и долговечности. В зависимости от области применения, можно использовать различные стали, такие как легированные стали для повышения прочности, или нержавеющей материалы, если требуется стойкость к коррозии.

Заключение

Определение модуля зубчатого зацепления играет ключевую роль в реверс инжиниринге, поскольку позволяет точно восстановить изношенные механизмы или разработать новые зубчатые передачи с нужными характеристиками. Разные страны используют различные системы измерений для расчета модуля, что требует учета коэффициентов перевода между метрической и дюймовой системами. Точное определение модуля критично для обеспечения совместимости деталей и долговечности работы механизмов.

Список литературы

1. URL: <https://blog.iqb.ru/zg-reverse-engineering/#:~:text=и%20CAD-модель-,B%20каких%20областях%20применяется%20реверс-инжиниринг,д>
2. URL: <https://itpsl.ru/services/reverse-engineering/>
3. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%E2%80%94%D1%87%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%8B_ISO
4. URL: <https://detalmach.ru/spravka2125.html>
5. URL: <https://www.intuwiz.ru/calcs/pitch2m.html>