

## Испытание на надежность зубчатых колес

Известно, что изнашивание рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес в результате поверхностного выкрашивания (образования питтингов) значительно ограничивает их долговечность. Для испытания этих деталей на контактную усталость имеются специальные испытательные установки, по признаку нагружения зубьев подразделяемые на две группы: установки, у которых нагрузки от электродвигателя передаются через испытываемые зубчатые колеса тормозному устройству, и установки, у которых испытываемые зубчатые колеса, составляющие звено замкнутой силовой цепи, нагружены в результате упругого деформирования от закручивания одного из ее элементов. Последние получили наибольшее распространение.

На рисунке 6.9 приведена схема машины для испытания рабочих поверхностей зубьев цилиндрических прямозубых зубчатых колес на контактную усталость.

Машина работает по замкнутой схеме. На валах 9, 12 и 2 консольно установлены зубчатые колеса 8, 11, 13 и 1. Валы 9 и 2 расположены соосно и соединены между собой торсионным валом 6, который закреплен одним концом на шлицах во фланце 4 (соединенном с валом 2). Вал 12 установлен параллельно осям валов 9 и 2 в шариковых подшипниках на подвижной каретке, что дает возможность изменять межцентровое расстояние между валом 12 и валами 9 и 2 в пределах 140...280 мм. Это позволяет проводить испытания пар зубчатых колес с разными межцентровыми расстояниями.

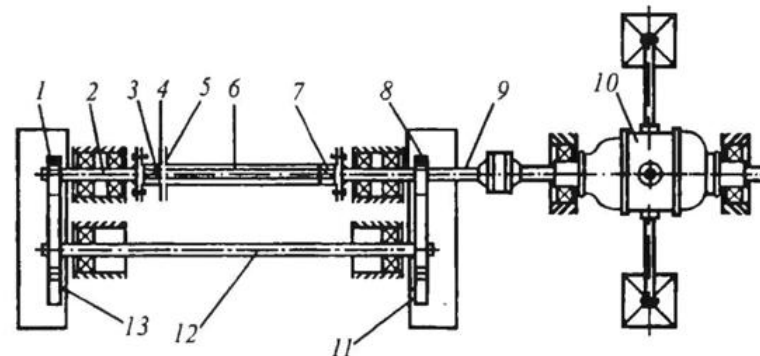


Рис.6.9. Схема машины для испытания зубчатых колес

Валы 9, 12 и 2, зубчатые колеса 8, 11, 13, 1 и торсионный вал 6 составляют замкнутый контур. Зубчатые колеса нагружают закручиванием торсионного вала 6, находящегося в кожухе 7, на определенный угол. Для этого снимают болты, скрепляющие фланец 4 с валом 2, к торсионному валу 6 с помощью специального приспособления прикладывают крутящий момент необходимой величины (т.е. осуществляется его закрутка), после чего фланец 4 и вал 2 соединяют болтами и специальными стопорами. Зубья испытываемых шестерен оказываются таким образом нагруженными моментом от упругих сил закрученного торсионного вала с карданной передачей 3 и 7. Наибольший крутящий момент составляет при этом 500 Н·м.

Стенд приводится во вращение балансирным электродвигателем 10, с помощью которого также возможно определять КПД испытываемых зубчатых передач. Испытуемые пары находятся в кожухах и могут смазываться маслом окунанием или поливом. Крышки кожухов легко открываются, что обеспечивает удобство осмотра зубьев во время испытания. Машина снабжена суммарным счетчиком числа оборотов (циклов). В зависимости от величины нагружения режима смазки на машине зубчатые колеса можно испытывать также на износ (истирание) и заедание. Испытывается лишь одна пара зубчатых колес, так как в одной паре ведущим является колесо меньшего, а в другой паре большего диаметра.

При испытании зубчатых колес, имеющих одинаковые числа зубьев, могут быть использованы результаты испытания обеих пар.

Для исследования надежности трансмиссии трактора в условиях динамической нагруженности создан и успешно используется специальный стенд (рис.6.10).

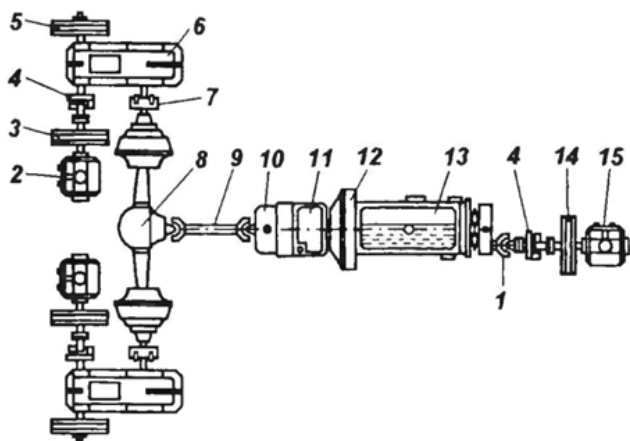


Рис.6.10. Схема стенда для испытания трансмиссии колесных тракторов:

1, 9 – карданные передачи; 2, 15 – электропорошковые тормоза; 3, 5, 14 – маховики; 4 – муфты, имитирующие провисание сцепки; 6 – повышающий редуктор; 7 – муфта, имитирующая буксование двигателя; 8 – задний мост; 10 – раздаточная коробка; 11 – КП; 12 – главная муфта сцепления; 13 – двигатель

Нагрузку на этом стенде создают с помощью маховых масс и электропорошковых тормозов ПТ-100, имитирующих внешнюю постоянную составляющую нагрузки. Испытания на стенде проводятся в автоматическом режиме. Коэффициент ускорения испытаний во времени составляет 5...7 за счет форсирования частоты приложения нагрузки. В качестве критерия предельного состояния шестерен принимают поломку или выкрашивание 25% контактирующей поверхности зуба.

Контактная выносливость рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес зависит от свойств материала, режима нагруже-

ния, состояния рабочих поверхностей и условий смазки. При постановке испытаний должен быть точно определен момент окончания испытания пары зубчатых колес.

Цель испытания на контактную усталость – установление зависимости продолжительности работы зубчатых колес (до начала обусловленной интенсивности выкрашивания) от величины нагружения. Испытания при этом проводят, как правило, при разных уровнях постоянного нагружения, причем на каждом уровне испытывают по несколько пар зубчатых колес. Приложение и снятие нагрузки в этом случае желательно осуществлять на ходу, так как при пуске испытуемых зубчатых колес под нагрузкой работа зубьев некоторое время будет проходить в условиях смазки, отличающихся от условий смазки при установившейся скорости, что может повлиять на ход испытания.

В особых случаях, например, при воспроизведении условий работы зубчатых колес грузоподъемных машин, испытания могут проводиться при пуске и остановке испытуемых пар под нагрузкой (число пусков и остановок, приходящихся при этом на определенное число циклов повторных нагружений, обычно нормируется). Иногда бывает необходимо проводить испытания применительно к условиям работы зубчатых колес при переменных нагрузках, когда на продолжительность работы деталей влияют не только величины, но и порядок чередования нагрузок. В этом случае после изучения характера действующих нагрузок в эксплуатации составляется программа типового нагрузочного режима, которую машина и осуществляет при испытании.

Перед каждым испытанием производится приработка зубчатых колес при постепенно утяжеляющихся режимах (иногда при этом применяют абразивную пасту).

С увеличением чистоты рабочих поверхностей зубьев и повышением вязкости масла, используемого при испытании, контактная выносливость испытываемых зубчатых колес возрастает.

Важным моментом при испытаниях зубчатых колес на контактную выносливость является определение конца испытания, критерием которого обычно является начало прогрессивного выкрашивания рабочих поверхностей зубьев. Известно два способа установления конца испытания: по обусловленному

числу питтингов, образовавшихся на рабочей поверхности зуба, и по изменению уровня шума, издаваемого передачей во время испытания. Наиболее распространен первый метод. Однако он требует многочисленных остановок стенда во время испытаний для визуального осмотра поверхностей и подсчета числа образовавшихся питтингов на зубьях зубчатых колес. Метод записи интенсивности шума с помощью специального регистрирующего устройства позволяет отмечать ход развития процесса контактной усталости без перерывов опытов. Этот метод наиболее прогрессивен.

Результаты испытания на контактную усталость обычно выражаются в полулогарифмических или логарифмических координатах в виде зависимости между действующим на площадке упругого контакта наибольшим удельным давлением  $P_0$ , определенным по формуле Герца, и числом циклов до обусловленного начала выкрашивания  $N$ . Количество точек, необходимых для надежного построения этой диаграммы, зависит от требуемой по условиям испытаний точности определения числа циклов до обусловленного появления дефектов и величины рассеивания результатов.