

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР ЮТИ ТПУ

\_\_\_\_\_ В.Л. Бибик  
« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

## **Дефектация зубчатых колес**

Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов  
очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению  
110800 «Агроинженерия»

Составитель **Р.В. Чернухин**

Издательство  
Юргинского технологического института (филиала)  
Томского политехнического университета  
2015

УДК 629.3.08  
ББК 30.82  
0-64

**Дефектация зубчатых колес:** методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Технология ремонта машин» для студентов, обучающихся по направлению 110800 «Агроинженерия», очной и заочной форм обучения, направления / сост.: Р.В. Чернухин; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2015. – 12 с.

УДК 629.3.08  
ББК 30.82

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию методическим семинаром кафедры  
Агроинженерия ЮТИ ТПУ  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой АИ  
кандидат техн. наук,  
доцент

\_\_\_\_\_ *О.Ю. Ретюнский*

Председатель  
учебно-методической комиссии

\_\_\_\_\_ *А.Н. Капустин*

*Рецензент*

Кандидат технических наук,  
доцент кафедры ТМС ЮТИ ТПУ  
*А.А. Ласуков*

© Составление. ФГБОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский  
технологический институт (филиал), 2015  
© Чернухин Р.В., составление, 2015

## **Цель работы**

Целью работы является анализ технического состояния зубьев зубчатых колес, посадочных отверстий и торцовых поверхностей ступиц, определение модуля, толщины зубьев, величины износа зубьев по толщине, разработка технологии восстановления заданного зубчатого колеса.

## **Оборудование и материалы**

1. Зубчатые колеса.
2. Штангенциркуль.
3. Индикаторный нутромер.
4. Штангензубомер.
5. Микрометр.
5. Лупы простые.

## **Общие сведения**

Нагруженные и быстроходные зубчатые колеса сильно изнашиваются. Так как зубчатые колеса трудоемки в изготовлении и дефицитны, при ремонте машин изыскивают различные способы качественного их восстановления. Такими способами являются: восстановление зубьев шестерен наплавкой, напрессовкой зубчатых венцов, напрессовкой венцов с последующим зубонарезанием, накаткой мелкозубчатых зубьев, установкой зубчатых секций или отдельных зубьев для крупномодульных и неточных зубчатых колес.

Зубья шестерен из малоуглеродистых или из низко- и среднелегированных сталей поддаются наплавке без особых затруднений. Наплавка же шестерен из углеродистых или хромистых сталей связана с известными трудностями.

Для нецементированных шестерен (из стали 40, 45, 40Х и т.д.) применяют газовую наплавку прутками из стали 40, 45, 40Х и т.д., а в случае их отсутствия – прутками из стали 60Г или 65Г. После механической обработки всю шестерню закалывают в печи и отпускают. При применении поверхностной закалки наплавленных зубьев специальной газовой горелкой наплавку следует проводить с погружением шестерни в водяную ванну.

При износе зубьев цементированных шестерен (из стали 20, 15X, 20X и т.д.) с торца, при выкрашивании или поломке одного или нескольких зубьев применяют газовую наплавку пламенем с небольшим избытком ацетилен и прутками из стали 40, 50, 40X и т.д., а также из стали 60Г, 65Г. Применение такого присадочного материала позволяет обойтись без последующей цементации. После механической обработки всю шестерню закаливают в печи и отпускают, или применяют поверхностную закалку наплавленных зубьев специальной газовой горелкой и отпускают при условии, что наплавка производилась с погружением шестерни в воду.

Для шестерен с мелкими зубьями рекомендуется сплошная наплавка с небольшим избытком ацетилен в пламени горелки.

При износе зубьев с торца и с обеих сторон по профилю можно также применить электронаварку электродами из стальной проволоки марки СВ-08 с меловой обмазкой; после механической обработки шестерню цементуют, закаливают в печи и отпускают.

Общими указаниями для приведенных выше случаев могут служить следующие. У шестерен с мелкими зубьями (толщина менее 5...6мм) при износе всех зубьев по толщине рекомендуется сплошная круговая наплавка, особенно для шестерен небольшого диаметра. При износе по толщине или при поломке только нескольких зубьев целесообразнее сплошная наплавка данного участка. При большей толщине зубьев рекомендуется наплавка по профилю. В качестве присадочного материала рекомендуется применять металл одинакового с наплавляемой шестерней химического состава. При наварке должен быть обеспечен хороший провар наваренного металла, но без каких-либо заметных следов пережога. Если посадочное отверстие шестерни (особенно шлицевое или шпоночное) не требует ремонта, то рационально во избежание ненужного отжига посадочных мест наваривать зубья с погружением шестерни в водяную ванну и с последующим применением поверхностной закалки зубьев. Если же, наоборот, требуется ремонт посадочного отверстия, то зубья надо наваривать без погружения шестерни в воду и с последующей закалкой всей шестерни нагревом ее в печи. Это же относится к случаям, когда по каким-либо причинам (например, получение слишком твердого шва сварки) шестерню приходится подвергать отжигу. Наваривать зубья с погружением шестерни в водяную ванну следует также и в тех случаях, когда по размерам и конструкции шестерен возникает опасность их коробления от нагрева в процессе наварки.

Хорошие результаты дает наплавка зубьев ацетилено-кислородным пламенем с применением присадочного металла того же состава, что и ремонтируемое зубчатое колесо. При обработке наплавленных зубьев установочной базой должно служить предварительно восстановленное посадочное отверстие в ступице колеса и упорный торец ступицы.

Более целесообразно восстановление крупных и сложных в изготовлении стальных зубчатых колес проводить полным срезанием изношенных зубьев на токарных станках, автоматической наплавкой под слоем флюса по наружной поверхности на полную высоту зубьев, обработкой наплавленного слоя на токарных станках и нарезанием зубьев на зубофрезерном станке.

В случае образования трещины в ступице шестерни ее поверхности (если это позволяет конструкция детали) делают кольцевую проточку и на нее надевают кольцо (в горячем состоянии), изготовленное с внутренним диаметром меньшим, чем диаметр проточки на ступице с образованием гарантированного натяга.

Зубчатые колеса сложной формы при износе большого числа зубьев восстанавливают напрессовкой венца. Для этого зубья срезают по всей окружности и вместо них напрессовывают венец, на котором нарезают зубья. Венец можно насаживать на обточенный обод зубчатого колеса холодным или горячим способом. Последний способ более надежен. Насаженный венец иногда закрепляют с торца винтами или приваривают его. Чаще всего применяют посадку венца для восстановления блока зубчатых колес, когда изнашиваются или ломаются зубья наиболее нагруженных венцов при удовлетворительном состоянии остальных венцов. Перед обтачиванием термически обработанные колеса отжигают. Наиболее целесообразно для этого применять нагрев токами высокой частоты (т. в. ч.), при котором можно проводить отжиг только той части колеса, которая подлежит замене, не нарушая структуры металла других венцов. Зубья насаживаемого венца следует подвергать термической обработке, используя тот же способ нагрева. Возможен также способ восстановления зубчатых колес путем напрессовки на проточенный венец, в том числе и блочной шестерни уже изготовленного предварительно зубчатого венца. Выбор величины натяга для напрессовки венца зависит от размеров и условий работы зубчатого колеса.

Контроль зубчатых колес осуществляют с помощью штангензубомера. Штангензубомер с нониусами применяют для измерения толщины зубьев колес и реек, шага и высоты профильных

шаблонов-гребенок. Штангензубомеры выпускают двух типов: для зубчатых колес с модулем от 1 до 18 мм и с модулем от 5 до 36 мм. Величина отсчета по нониусу составляет 0,02 мм. Инструмент имеет две штанги с заостренными внизу мерными губками, расположенными друг относительно друга под углом 90°. Это дает возможность измерять самые мелкие модули зубьев шестерен и шаг резьбы реек и модульных шаблонов-гребенок.

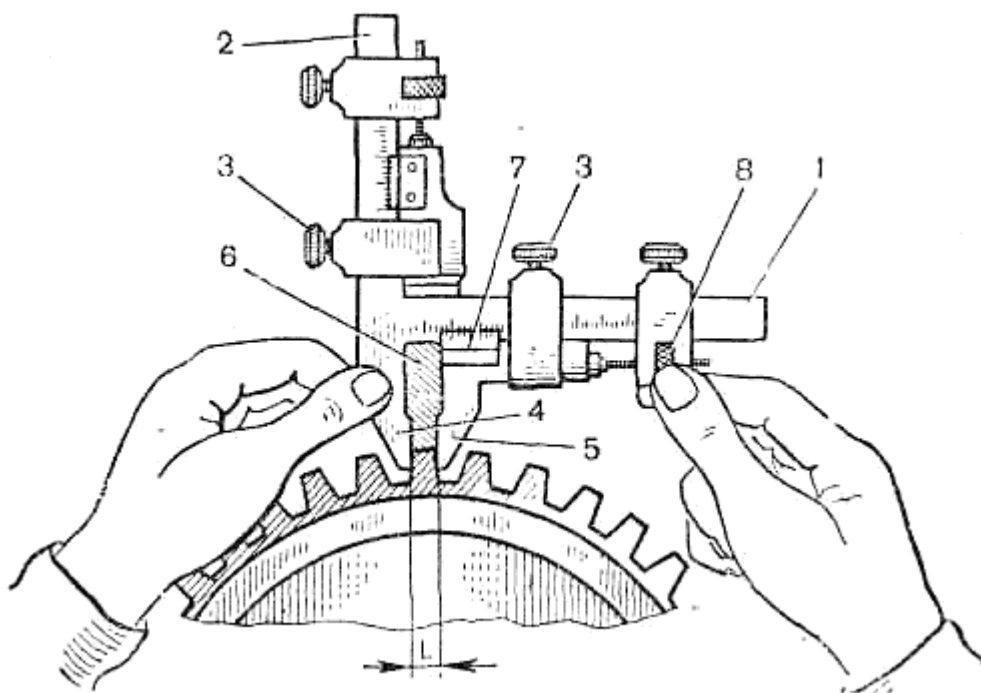


Рисунок 1 – Штангензубомер для измерения хорды зуба

*1, 2 – штанги; 3 – зажимы; 4, 5 – губки; 6 – высотная линейка; 7 – нониус; 8 – гайка.*

Показанный на рис. 1 штангензубомер предназначен для измерения зубчатых колес с модулем от 5 до 36 мм. Он состоит из двух штанг 1 и 2, расположенных под прямым углом одна к другой. По штанге 2, имеющей губку 4, перемещается высотная линейка 6 с рамкой, а по штанге 1 – рамка с подвижной губкой 5. Высотную линейку и подвижную губку точно устанавливают микрометрическим винтом и закрепляют зажимами 3. При измерении высотную линейку 6 устанавливают на вершину зуба, а губку 4 прижимают к левой стороне профиля зуба. Затем, вращая гайку 8, перемещают вдоль штанги 1 рамку с губкой 5 и подводят ее к правой стороне профиля зуба. Установив размер по шкалам штанг 1 и 2 и нониусу 7, закрепляют

рамки винтами 3 и проверяют шаг и высоту всех зубьев колеса. Толщину зуба измеряют по постоянной хорде.

## Содержание работы

Работа заключается в анализе технического состояния представленных зубчатых колес, проведении микрометражных измерений, определении модуля, толщины зубьев и величины максимального износа по толщине зубьев, разработке технологии восстановления заданного зубчатого колеса.

## Порядок выполнения работы

1. Проанализировать техническое состояние представленных зубчатых колес, дать оценку характера износа зубьев, посадочных отверстий и торцовых поверхностей.

2. Измерить наружный диаметр зубчатого венца заданной для восстановления шестерни.

3. Определить модуль зубчатого колеса, пользуясь формулой:

$$m = \frac{D_e}{z + 2}, \quad (1)$$

где  $D_e$  – наружный диаметр зубчатого венца, мм;

$z$  – число зубьев.

4. Определить установочный размер  $H$  для штангензубомера и теоретическую толщину зуба по формулам:

$$H = a \cdot m;$$

$$S = b \cdot m;$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты, зависящие от числа зубьев, принимаются по табл. 1.

5. Измерить штангензубомером фактическую толщину зуба  $S_{\phi}$ .

6. Определить максимальную величину износа зуба шестерни по толщине  $\Delta S_{и}$ , как разность между теоретической толщиной зуба  $S$  и минимальной фактической  $S_{\phi min}$ :

$$\Delta S_{и} = S - S_{\phi min}$$

6. Разработать технологический процесс восстановления заданного зубчатого колеса.

7. Составить эскизы сварочно-наплавочных работ и механической обработки в зависимости от принятого метода восстановления.
8. Результаты работы занести в отчет.
9. Сделать выводы и рекомендации.
10. Оформить отчет.

Таблица 1 – Значение коэффициентов  $a$  и  $b$  для толщины зуба.

Число зубьев колеса	Коэффициенты		Число зубьев ко- леса	Коэффициенты	
	a	b		a	b
10	1,0615	1,5643	27	1,0228	1,5699
11	1,0559	1,5654	28	1,022	1,5699
12	1,0513	1,5663	29	1,0212	1,57
13	1,0473	1,5669	30	1,0206	1,57
14	1,044	1,5675	32	1,0192	1,5702
15	1,041	1,5679	34	1,0183	1,5702
16	1,0385	1,5682	35	1,0176	1,5702
17	1,0362	1,5685	38	1,0162	1,5703
18	1,0342	1,5688	40	1,0154	1,5703
19	1,0324	1,569	42	1,0146	1,5704
20	1,0308	1,5691	45	1,0137	1,5704
21	1,0293	1,5693	48	1,0128	1,5705
22	1,028	1,5694	50	1,0123	1,5705
23	1,0268	1,5695	55	1,0112	1,5705
24	1,0256	1,5696	80	1,0071	1,5706
25	1,0245	1,5697	135	1,0045	1,5707
26	1,0237	1,5698	Зубчатая рейка	1	1,5708

### Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы соблюдать инструкции по технике безопасности, действующие в спецклассе «Надежность и ремонт машин».



## Форма заполнения отчета

1. Материальное обеспечение.
2. Конструктивно-технологическая характеристика заданных зубчатых колес.
3. Методика микрометражных измерений.
4. Определение модуля заданного зубчатого колеса.
5. Определение установочного размера  $H$  для штангензубомера и теоретической толщины зуба  $S$  заданной шестерни.
6. Определение фактической минимальной толщины изношенного зуба  $S_{\text{фmin}}$ .
7. Определение максимальной величины износа  $\Delta S_{\text{и max}}$  зуба шестерни.
8. Обоснование выбора метода восстановления зубчатого колеса.
9. Разработка операций технологического процесса восстановления зубчатого колеса.
10. Выводы и рекомендации.

## Контрольные вопросы

1. Устройство штангензубомера;
2. Контрольные параметры зубчатых колес;
3. Способы восстановления зубчатых колес;
4. Из какого материала изготавливают зубчатые колеса?
5. Основные дефекты зубчатых колес.

## Библиографический список

1. Привалов, П.В. Технология ремонта сельскохозяйственных машин: Учебное пособие для вузов / П.В. Привалов, О.Ю. Ретюнский. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - 214 с.
2. Логинов, П.К. Способы и технологические процессы восстановления изношенных деталей / П.К. Логинов, О.Ю. Ретюнский. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - 212 с.
3. Баженов, С.П. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов: Учебник для вузов / С.П. Баженов, Б.Н. Казьмин, С.В. Носов. - 4-е изд., стереотип. - М.: ИЦ "Академия", 2010. - 329 с.

Образец титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра  
«Агроинженерии»

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАШИН

Лабораторная работа № \_\_\_\_

Тема: \_\_\_\_\_

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_:

Иванов И. И.

Проверил преподаватель:

Петров П. П.

Юрга 2015



Учебное издание

## **ДЕФЕКТАЦИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу  
«Технология ремонта машин» для студентов, обучающихся по направлению  
110800 «Агроинженерия»

*Составитель*

ЧЕРНУХИН Роман Владимирович

**Отпечатано в Издательстве ЮТИ ТПУ в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати  
Формат 60x84/23 Бумага офсетная.  
Плоская печать. Усл. печ. л. . Уч-изд. л.  
Тираж 50 экз. Заказ Цена свободная.  
ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.  
652050, г. Юрга, ул. Московская, 17.