

УТВЕРЖДАЮ  
Главный конструктор  
по испытаниям

\_\_\_\_\_ Р.Н. Гиниятуллин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## **ПРОТОКОЛ № 17-17300-**

исследований вибрации, уровня шума и температуры  
редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5 и испыта-  
ний его на изгибно-циклическую долговечность

### **1 ОСНОВАНИЕ**

1.1 Служебная записка № 17750-291 от 03.10.2018 г.

### **2 ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ**

2.1 Исследование вибрации, уровня шума и температуры редуктора двух-  
ступенчатого 5Ц2-125-12,5.

2.2 Оценка изгибной циклической долговечности редуктора двухступенча-  
того 5Ц2-125-12,5.

### **3 ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ**

3.1 Редуктор двухступенчатый 5Ц2-125-12,5, укомплектованный шестерня-  
ми с эксцентриково-циклоидальным (ЭЦ) зубчатым зацеплением, имеющий пере-  
даточное число  $i = 12,40$ .

3.2 Редуктор двухступенчатый 5Ц2-125-12,5, укомплектованный шестерня-  
ми с эвольвентным зубчатым зацеплением, имеющий передаточное число  
 $i = 12,42$ .

П р и м е ч а н и е - на рисунках А.1-А.8 приложения А представлены черте-  
жи шестерен с ЭЦ и эвольвентным зубчатым зацеплением.

### **4 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

4.1 Испытания в лабораторных условиях проводились конструкторско-  
исследовательским бюро зубчатых передач и спецагрегатов конструкторско-  
исследовательского отдела агрегатов и систем НТЦ ПАО «КАМАЗ» в апреле-  
июне 2019 г., при температуре окружающей среды – от 18 до 25 °С, атмосферном  
давлении – от 90 до 102 кПа и относительной влажности воздуха – от 56 до 76 %,

т.е. с соблюдением требований по обеспечению нормальных климатических условий испытаний изделий по ГОСТ 15150-69, а именно:

- температура окружающей среды –  $(25 \pm 10)$  °С;
- относительная влажность воздуха – от 45 до 80 %;
- атмосферное давление – от 84 до 106,7 кПа.

## 5 ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

5.1 Испытания по определению долговечности МКД в составе ведущего моста проводили на стенде фирмы «В.І.А» (Франция) для испытаний мотор-колес, инв. № 170260 (протокол аттестации № 50/2015/А-08 от 25.12.2018 г., срок действия – 12 месяцев).

5.2 Барометр-анероид БАММ-1, инв. № 501, диапазон измерений от 80 до 106 кПа, погрешность  $\pm 0,2$  кПа, свидетельство о поверке № 5924651 – до 16.05.2020 г.

5.3 Прибор-комбинированный мод. ТКА-ПКМ (60), зав. № 60 1627, диапазон измерения температуры от  $-30$  до  $60$  °С, диапазон измерения относительной влажности от 5 до 98 %, погрешность  $\pm 0,2$  °С и  $\pm 3,0$  %, паспорт годен до 17.10.2019 г.

## 6 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

6.1 Исследование вибрации, уровня шума и температуры редукторов проводилось после 10 минут вращения ведущего вала с моментами 0 Н·м, 60 Н·м, 120 Н·м и 180 Н·м, и при частоте вращения  $500 \text{ мин}^{-1}$ ,  $1000 \text{ мин}^{-1}$  и  $1500 \text{ мин}^{-1}$  – на переднем ходу, и при частоте вращения  $500 \text{ мин}^{-1}$  – на заднем ходу(з.х.).

Уровень шума замерялся на расстоянии 500 мм от оси входного вала (см. рисунок А.1 приложения А).

Далее продолжилось исследование температуры при моменте 180 Н·м и частоте вращения  $1500 \text{ мин}^{-1}$  вплоть до установившейся.

6.2 Испытания на изгибно-усталостную долговечность редукторов проводили при моменте 450 Н·м и частоте вращения  $1500 \text{ мин}^{-1}$ .

Перед испытаниями редукторов выполняли измерения бокового зазора в зацеплении выходной цилиндрической паре шестерен. Измерения боковых зазоров выполняли с помощью магнитной стойки с индикатором часового типа № 52476\52126 (свидетельство о пригодности – до 27.01.2020 г.).

Испытания проводили на минеральном трансмиссионном масле Rosneft Kinetic Nурoid 80W-90 класса API GL-5 в количестве 3,7 л.

6.3 После испытаний все шестерни редукторов подвергали металлографическим исследованиям по типовой методике в центральной лаборатории металловедения ТЦ.



## 7 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

7.1 Результаты исследования вибрации, уровня шума и температуры редукторов приведены в таблицах 1 и 2.

Т а б л и ц а 1 – Результаты исследования вибрации, уровня шума и температуры редуктора, укомплектованного шестернями с ЭЦ зубчатым зацеплением

Момент, Н·м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Вибрация, мм/с	Максимальный уровень звукового давления, дБА	Общий уровень звука, дБА	Температура, °С	КПД трансмиссии
0	0	-	-	-	17,5	-
0	500	0,656	81,8	85,4	20,9	-
0	1000	2,1	78,7	84,5	22,9	-
0	1500	4,72	77,3	84,9	27,8	-
0	500(з.х.)	0,582	81,3	85,2	29,2	-
60	500(з.х.)	0,852	81,5	85,2	29,9	0,59...0,64
120	500(з.х.)	0,952	82,8	86,2	31,9	0,76...0,78
180	500(з.х.)	1,1	82,4	85,9	36,4	0,82...0,83
60	500	0,83	81,4	85,1	35,8	0,50...0,57
120	500	0,941	81,5	85,3	35,9	0,70...0,73
180	500	1,08	82,4	86,1	36,2	0,80...0,83
60	1000	3,99	76,3	84,0	37,3	0,40...0,46
120	1000	4,91	76,6	83,9	38,2	0,70...0,71
180	1000	4,94	77,7	84,6	41,7	0,79...0,81
60	1500	7,88	81,4	86,8	43,2	0,40...0,45
120	1500	8,48	81,3	86,7	44,4	0,70...0,72
180	1500	7,72	78,3	85,7	49,4	0,78...0,80

Т а б л и ц а 2 – Результаты исследования вибрации, уровня шума и температуры редуктора, укомплектованного шестернями с эвольвентным зубчатым зацеплением

Момент, Н·м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Вибрация, мм/с	Максимальный уровень звукового давления, дБА	Общий уровень звука, дБА	Температура, °С	КПД трансмиссии
0	0	-	-	-	18,1	-
0	500	0,669	80,8	85,2	19,4	-
0	1000	2,14	76,9	84,0	22,6	-
0	1500	4,45	78,3	85,1	26,8	-
60	500	0,893	80,7	85,7	29,2	0,46...0,56
120	500	1,22	81,5	86,0	30,5	0,70...0,72
180	500	1,57	82,4	86,4	32,1	0,80...0,83
0	500(з.х.)	0,905	80,1	84,7	34,8	-
60	500(з.х.)	0,744	80,3	85,1	34,6	0,46...0,59
120	500(з.х.)	0,871	81,7	85,7	35,0	0,70...0,75
180	500(з.х.)	1,05	82,8	86,4	36,6	0,78...0,82
60	1000	2,5	76,3	83,7	37,3	0,43...0,47
120	1000	3,22	78	84,3	38,4	0,70...0,72
180	1000	4,2	78	84,8	41,4	0,80...0,81
60	1500	5,91	78,4	85,0	43,2	0,40...0,47
120	1500	6,68	78,7	85,3	44,0	0,69...0,73
180	1500	7,5	78,8	85,3	49,0	0,80...0,83

Результаты продолжения исследования температуры редукторов приведены в таблицах 3 и 4.

Т а б л и ц а 3 – Результаты исследования температуры редуктора, укомплектованного шестернями с ЭЦ зубчатым зацеплением

Момент, Н·м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Температура, °С	КПД трансмиссии	Момент, Н·м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Температура, °С	КПД трансмиссии
180	1500	53,8	0,73...0,79	180	1500	66,8	0,78...0,81
180	1500	57,5	0,74...0,79	180	1500	67,9	0,78...0,81
180	1500	60,7	0,75...0,80	180	1500	68,8	0,78...0,81
180	1500	63,2	0,76...0,80	180	1500	69,8	0,77...0,81
180	1500	65,4	0,77...0,81	180	1500	70,5	0,77...0,81
180	1500	67,2	0,78...0,81	180	1500	71,1	0,77...0,82
0	0	15,9	0,73...0,78	180	1500	71,6	0,77...0,82
0	500	17,4	0,74...0,79	180	1500	72,1	0,78...0,81
0	1000	20,6	0,75...0,80	180	1500	72,4	0,77...0,81
0	1500	26,1	0,76...0,81	180	1500	72,8	0,78...0,81
180	1500	36,4	0,77...0,81	180	1500	73,0	0,77...0,81
180	1500	43,8	0,77...0,81	180	1500	73,2	0,77...0,81
180	1500	48,4	0,78...0,81	180	1500	73,5	0,77...0,81
180	1500	52,1	0,77...0,82	180	1500	73,8	0,77...0,81
180	1500	55,7	0,77...0,82	180	1500	74,1	0,77...0,81
180	1500	59,0	0,78...0,81	180	1500	74,3	0,77...0,81
180	1500	61,5	0,78...0,81	180	1500	74,4	0,77...0,81
180	1500	63,5	0,77...0,82	180	1500	74,4	0,78...0,81
180	1500	65,3	0,77...0,82	180	1500	74,4	0,77...0,81

*Продолжение таблицы 3*

Момент, Н·м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Температура, °С	КПД трансмиссии	Момент, Н·м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Температура, °С	КПД трансмиссии
180	1500	74,5	0,77...0,81	180	1500	50,9	0,77...0,81
180	1500	74,4	0,77...0,82	180	1500	53,9	0,78...0,83
180	1500	74,2	0,77...0,81	180	1500	56,8	0,79...0,83
180	1500	73,9	0,77...0,82	180	1500	59,2	0,79...0,83
180	1500	73,7	0,77...0,82	180	1500	61,1	0,80...0,84
180	1500	73,6	0,78...0,81	180	1500	63,0	0,80...0,85
180	1500	73,5	0,78...0,82	180	1500	64,8	0,79...0,82
180	1500	73,4	0,77...0,82	180	1500	65,9	0,77...0,81
180	1500	73,2	0,78...0,82	180	1500	66,7	0,76...0,81
180	1500	73,1	0,78...0,82	180	1500	67,5	0,76...0,80
180	1500	73,0	0,78...0,82	180	1500	68,1	0,76...0,80
180	1500	73,2	0,78...0,82	180	1500	68,6	0,77...0,80
180	1500	73,2	0,77...0,82	180	1500	69,0	0,77...0,80
180	1500	73,4	0,77...0,83	180	1500	69,4	0,77...0,80
180	1500	73,5	0,77...0,82	180	1500	69,7	0,77...0,80
180	1500	73,6	0,78...0,82	180	1500	70,1	0,77...0,81
0	0	17,6	-	180	1500	70,4	0,77...0,81
180	1500	26,7	0,68...0,73	180	1500	70,6	0,77...0,81
180	1500	36,7	0,72...0,76				
180	1500	43,3	0,75...0,78				
180	1500	47,6	0,76...0,81				

Т а б л и ц а 4 – Результаты исследования температуры редуктора, укомплектованного шестернями с эвольвентным зубчатым зацеплением

Момент, Н·м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Температура, °С	КПД трансмиссии	Момент, Н·м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Температура, °С	КПД трансмиссии
180	1500	59,3	0,80...0,84	180	1500	76,6	0,75...0,79
180	1500	63,0	0,80...0,85	180	1500	76,9	0,76...0,80
180	1500	69,0	0,75...0,79	180	1500	77,2	0,75...0,81
180	1500	70,0	0,75...0,79	180	1500	77,3	0,76...0,80
180	1500	71,0	0,75...0,80	180	1500	77,4	0,75...0,80
180	1500	71,8	0,75...0,79	180	1500	77,5	0,76...0,80
180	1500	72,4	0,75...0,78	180	1500	77,7	0,76...0,79
180	1500	73,1	0,76...0,80	180	1500	78,0	0,76...0,80
180	1500	73,5	0,75...0,80	180	1500	78,2	0,76...0,80
180	1500	73,9	0,75...0,79	180	1500	78,3	0,76...0,80
180	1500	74,3	0,75...0,79	180	1500	78,1	0,76...0,80
180	1500	74,6	0,76...0,80	0	0	19,5	-
180	1500	74,8	0,76...0,80	180	1500	20,4	0,66...0,70
180	1500	75,2	0,76...0,79	180	1500	26,9	0,70...0,73
180	1500	75,5	0,75...0,80	180	1500	35,6	0,73...0,76
180	1500	75,8	0,76...0,80	180	1500	43,3	0,75...0,79
180	1500	76,1	0,76...0,80	180	1500	49,1	0,75...0,80
180	1500	76,3	0,75...0,80	180	1500	53,8	0,76...0,80
180	1500	76,4	0,75...0,80	180	1500	58,1	0,76...0,81
180	1500	76,5	0,76...0,80	180	1500	60,8	0,77...0,81



*Продолжение таблицы 4*

Мо- мент, Н·м	Частота враще- ния, мин <sup>-1</sup>	Темпе- ратура, °С	КПД трансми- сии
180	1500	63,1	0,77...0,81
180	1500	65,1	0,77...0,81
180	1500	66,6	0,77...0,80
180	1500	68,0	0,77...0,81
180	1500	69,0	0,78...0,80
180	1500	69,9	0,76...0,81
180	1500	70,7	0,76...0,81
180	1500	71,4	0,77...0,80
180	1500	72,2	0,77...0,80
180	1500	72,9	0,77...0,80
180	1500	73,5	0,77...0,81
180	1500	74,1	0,77...0,81
180	1500	74,5	0,76...0,80
180	1500	74,9	0,76...0,81
180	1500	75,3	0,77...0,80
180	1500	75,3	0,77...0,80
180	1500	75,3	0,77...0,80

7.2 Результаты измерения бокового зазора в выходной цилиндрической паре редукторов.

Боковой зазор в выходной цилиндрической паре редуктора с ЭЦ зубчатым зацеплением составил от 0,00 до 0,25 мм, редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением – от 0,01 до 0,03 мм.

7.3 Результаты испытаний редукторов на изгибную циклическую долговечность представлены в таблице 5.

**Т а б л и ц а 5 – Результаты испытаний редукторов на изгибную циклическую долговечность**

Наименование редуктора	Наработка	Характер разрушения
Редуктор с ЭЦ зубчатым зацеплением	6 часов 44 минуты	Искривление вал-шестерни входной. Разрушение вал-шестерни.
Редуктор с эвольвентным зубчатым зацеплением	6 часов	Разрушение 1 зуба вал-шестерни входной. Разрушение 4 зубьев колеса первой ступени. Разрушение 3 зубьев колеса выходного. Разрушение вал-шестерни.

Внешний вид разрушенных шестерен редукторов представлен на рисунках А.9-А.15 приложения А.

7.4 Результаты металлографического исследования шестерен редукторов представлены в протоколах №№ 243-250 в приложении Б.

## **8 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ**

8.1 Результаты проведенных исследований вибрации, шума и температуры редукторов с шестернями с ЭЦ и эвольвентным зубчатым зацеплением показали, что они примерно на одном уровне.

Максимальная температура редуктора с шестернями с ЭЦ зубчатым зацеплением, до которой происходила их приработка, составила 74,5 °С, редуктора с шестернями с эвольвентным зубчатым зацеплением – 78,3 °С.

8.2 Результаты проведенных измерений бокового зазора в выходной цилиндрической паре редукторов показали, что колебание бокового зазора в выходной цилиндрической паре редуктора с ЭЦ зубчатым зацеплением в несколько раз выше, чем колебание бокового зазора в выходной цилиндрической паре редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением.

Также следует отметить, что редуктор с шестернями с ЭЦ зубчатым зацеплением имел отсутствие бокового зазора, что в свою очередь могло отрицательно сказаться на показателях уровня шума и долговечности.

8.3 Результаты проведенных испытаний на изгибную циклическую долговечность показали, что долговечность редуктора с шестернями с ЭЦ зубчатым зацеплением незначительно выше долговечности редуктора с шестернями с эвольвентным зубчатым зацеплением.

Также следует отметить, что редуктор с шестернями с ЭЦ зубчатым зацеплением не имел разрушений зубьев.

8.4 Проведенным металлографическим анализом вал-шестерни входной, изд. ТМ.202.00.00.001, с ЭЦ зубчатым зацеплением (см. протокол исследований № 243 приложения Б), было установлено следующее:

- материал шестерни по составу соответствовал стали марки 20ХН3А ГОСТ 4543-2016;
- твердость по вершине зуба шестерни составила 57 HRC;
- твердость в сердцевине шестерни составила 37 HRC;
- толщина поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и по галтели зуба шестерни составила 0,95 мм.

8.5 Проведенным металлографическим анализом колеса выходного, изд. ТМ.202.00.00.002, с ЭЦ зубчатым зацеплением (см. протокол исследований № 244 приложения Б), было установлено следующее:

- материал колеса по составу соответствовал стали марки 12ХН3А ГОСТ 4543-2016;
- твердость по вершине зуба колеса составила 59 HRC;
- твердость в сердцевине колеса составила 30 HRC;
- толщина поверхностного цементованного слоя колеса по рабочей поверхности составила 1,7 мм и по галтели зуба – 1,5 мм;
- в структуре поверхностного цементованного слоя по галтели колеса было выявлено наличие трооститной сетки на глубину до 0,014 мм;
- при микроструктурном исследовании в поверхностном цементованном слое по галтели зуба колеса было выявлено наличие окислов на максимальную глубину до 0,01 мм.

8.6 Проведенным металлографическим анализом вал-шестерни, изд. ТМ.202.00.01.001, с ЭЦ зубчатым зацеплением (см. протокол исследований № 245 приложения Б), было установлено следующее:

- материал шестерни по составу соответствовал стали марки 20ХН3А ГОСТ 4543-2016;
- твердость по вершине зуба шестерни составила 59 HRC;
- твердость в сердцевине шестерни составила 30 HRC;
- толщина поверхностного цементованного слоя шестерни по рабочей поверхности составила 2,10 мм и по галтели зуба – 1,85 мм;
- в структуре поверхностного цементованного слоя по галтели шестерни выходного было выявлено наличие окислов на максимальную глубину до 0,026 мм, а также трооститной полосы с включениями феррита на глубину до 0,038 мм.

8.7 Проведенным металлографическим анализом колеса первой ступени, изд. ТМ.202.00.01.002, с ЭЦ зубчатым зацеплением (см. протокол исследований № 246 приложения Б), было установлено следующее:

- материал колеса по составу соответствовал стали марки 20ХН3А ГОСТ 4543-2016;
- твердость по вершине зуба колеса составила 59,5 HRC;
- твердость в сердцевине колеса составила 44,0 HRC;

- толщина поверхностного цементованного слоя колеса по рабочей поверхности составила 2,7 мм и по галтели зуба – 2,1 мм.

8.8 Проведенным металлографическим анализом вал-шестерни входной, изд. ТМ.202.00.00.001, с эвольвентным зубчатым зацеплением (см. протокол исследований № 247 приложения Б), было установлено следующее:

- материал шестерни по составу соответствовал стали марки 25ХГМ ГОСТ 4543-2016;

- твердость по вершине зуба шестерни составила 62 HRC;

- твердость в сердцевине шестерни составила 41 HRC;

- толщина поверхностного цементованного слоя шестерни по рабочей поверхности составила 1,5 мм и по галтели зуба – 1,0 мм.

8.9 Проведенным металлографическим анализом колеса выходного, изд. ТМ.202.00.00.002, с эвольвентным зубчатым зацеплением (см. протокол исследований № 248 приложения Б), было установлено следующее:

- материал колеса по составу соответствовал стали марки 18ХГТ ГОСТ 4543-2016;

- твердость по вершине зуба колеса составила 60 HRC;

- твердость в сердцевине колеса составила 31 HRC;

- толщина поверхностного цементованного слоя колеса по рабочей поверхности составила 1,5 мм и по галтели зуба – 1,1 мм.

8.10 Проведенным металлографическим анализом вал-шестерни, изд. ТМ.202.00.01.001, с эвольвентным зубчатым зацеплением (см. протокол исследований № 249 приложения Б), было установлено следующее:

- материал шестерни по составу соответствовал стали марки 18ХГТ ГОСТ 4543-2016;

- твердость по вершине зуба шестерни составила 60 HRC;

- твердость в сердцевине шестерни составила 29 HRC;

- толщина поверхностного цементованного слоя шестерни по рабочей поверхности составила 1,0 мм и по галтели зуба – 0,7 мм.

8.11 Проведенным металлографическим анализом колеса первой ступени, изд. ТМ.202.00.01.002, с эвольвентным зубчатым зацеплением (см. протокол исследований № 250 приложения Б), было установлено следующее:

- материал колеса по составу соответствовал стали марки 25ХГТ ГОСТ 4543-2016;

- твердость по вершине зуба колеса составила 60 HRC;

- твердость в сердцевине колеса составила 51 HRC;

- толщина поверхностного цементованного слоя колеса по рабочей поверхности составила 1,7 мм и по галтели зуба – 1,2 мм.

## **9 ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

9.1 Изгибная циклическая долговечность редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5, укомплектованного шестернями с эксцентриково-циклоидальным зубчатым зацеплением, составила 6 часов 44 минуты.

9.2 Изгибная циклическая долговечность редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5, укомплектованного шестернями с эвольвентным зубчатым зацеплением, составила 6 часов.

## **10 РЕКОМЕНДАЦИИ**

10.1 Фирме-изготовителю рекомендуется провести мероприятия по улучшению состояния бокового зазора шестерен с эксцентриково-циклоидальным зубчатым зацеплением.

Начальник КИО АС

А.И. Плаксин

Главный специалист зубчатых передач  
и спецагрегатов – руководитель группы

Р.И. Гарипов

Ведущий инженер-исследователь

Э.Х. Зарипов

## **СОГЛАСОВАНО:**

Ведущий инженер ОТД

Л.Р. Галишина

***ПРИЛОЖЕНИЕ А***  
*(обязательное)*

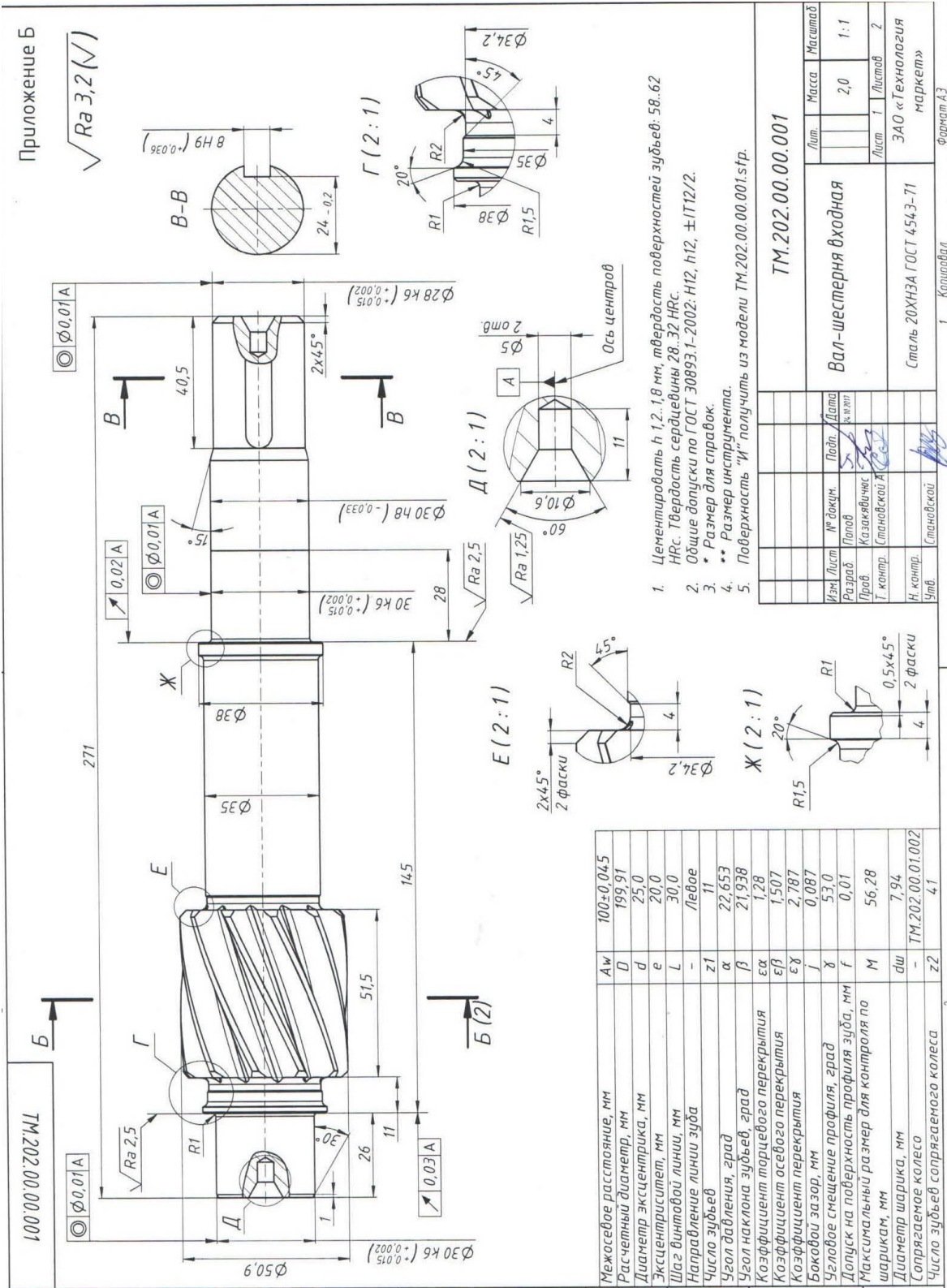


Рисунок А.1 – Чертеж вала-шестерни входной редуктора с ЭЦ зубчатым зацеплением



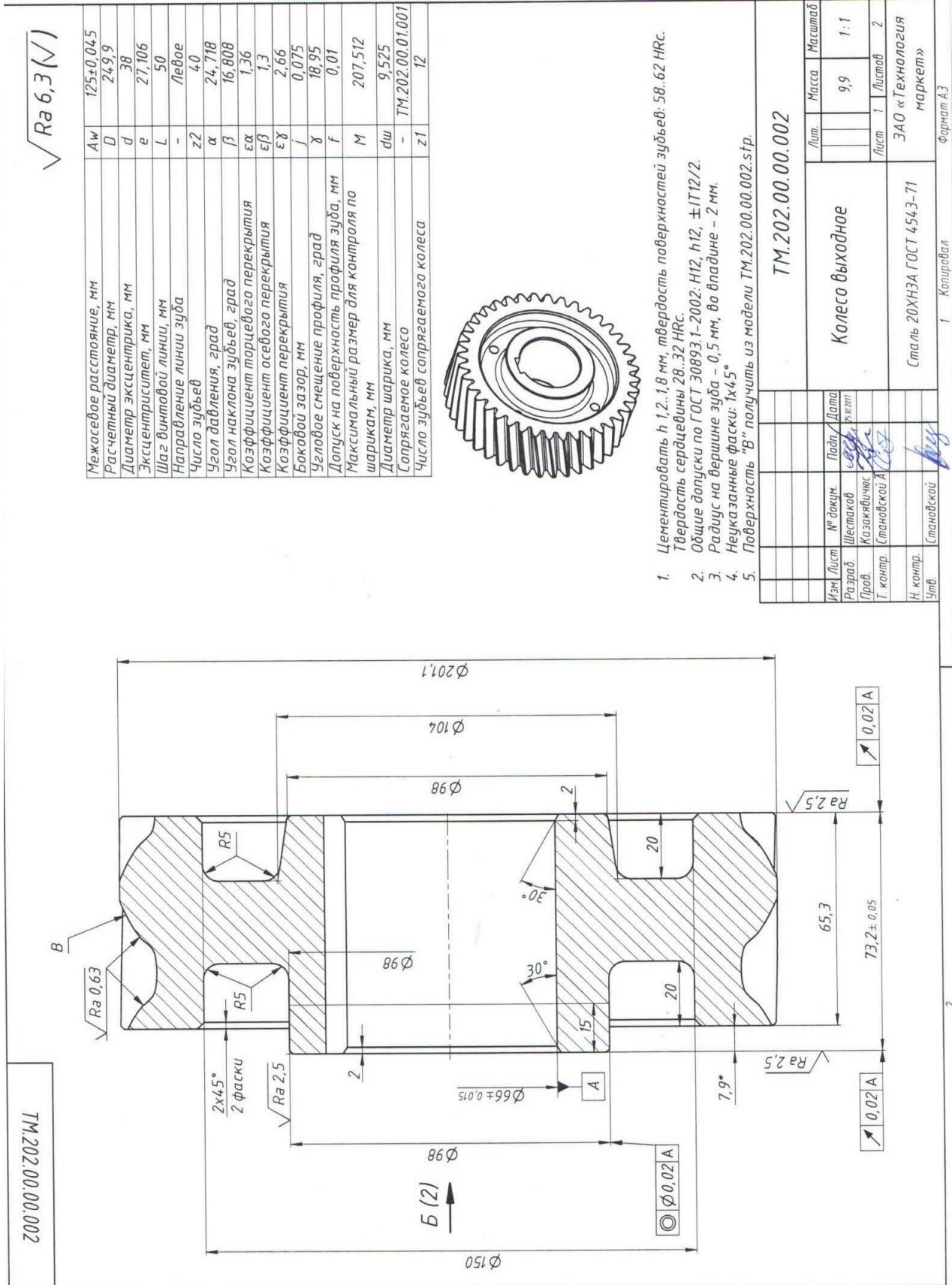


Рисунок А.2 – Чертеж колеса выходного редуктора с ЭЦ зубчатым зацеплением





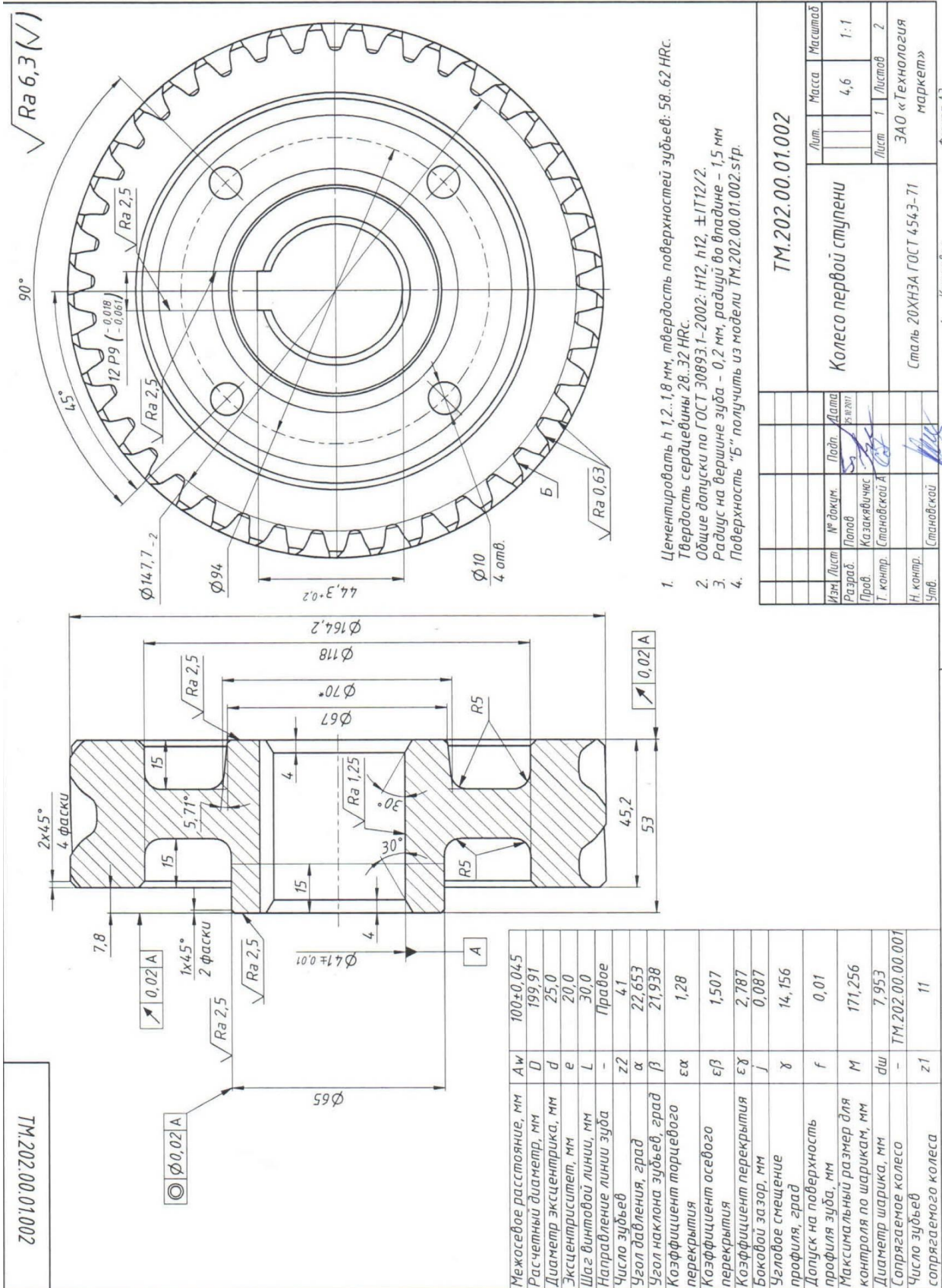


Рисунок А.4 – Чертеж колеса первой ступени редуктора с ЭЦ зубчатым зацеплением

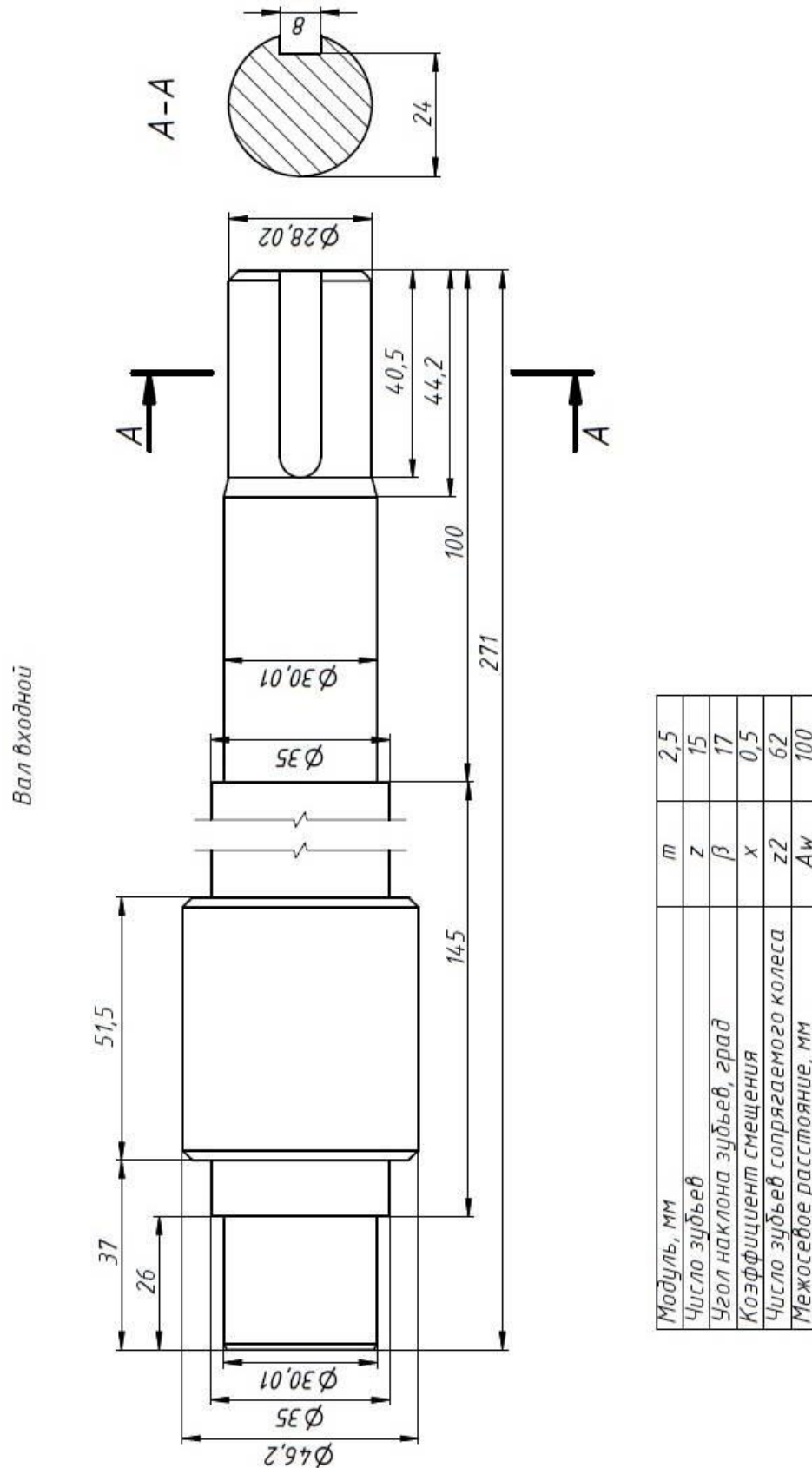


Рисунок А.5 – Чертеж вала-шестерни входной редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением



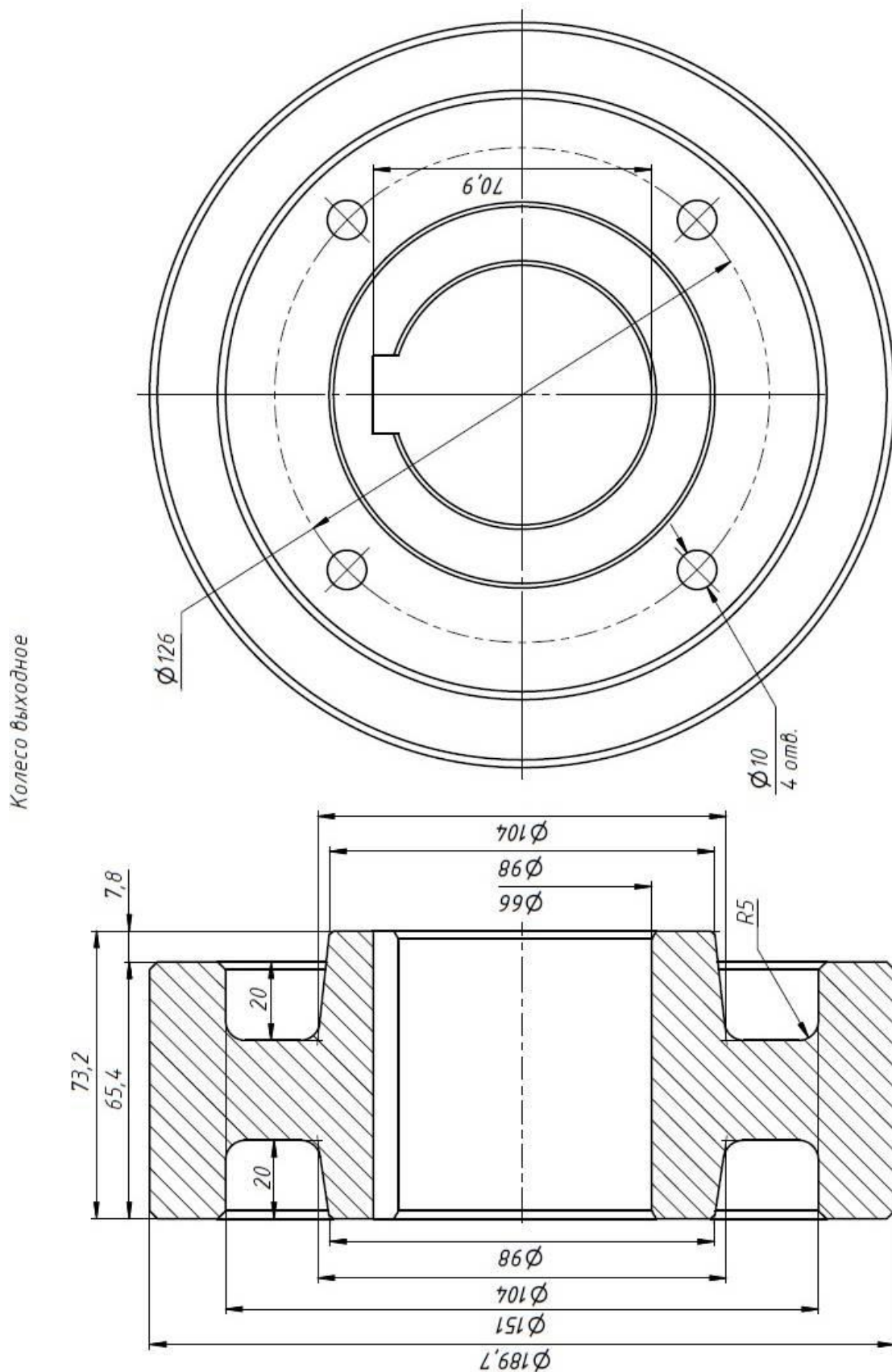


Рисунок А.6 – Чертеж колеса выходного редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением

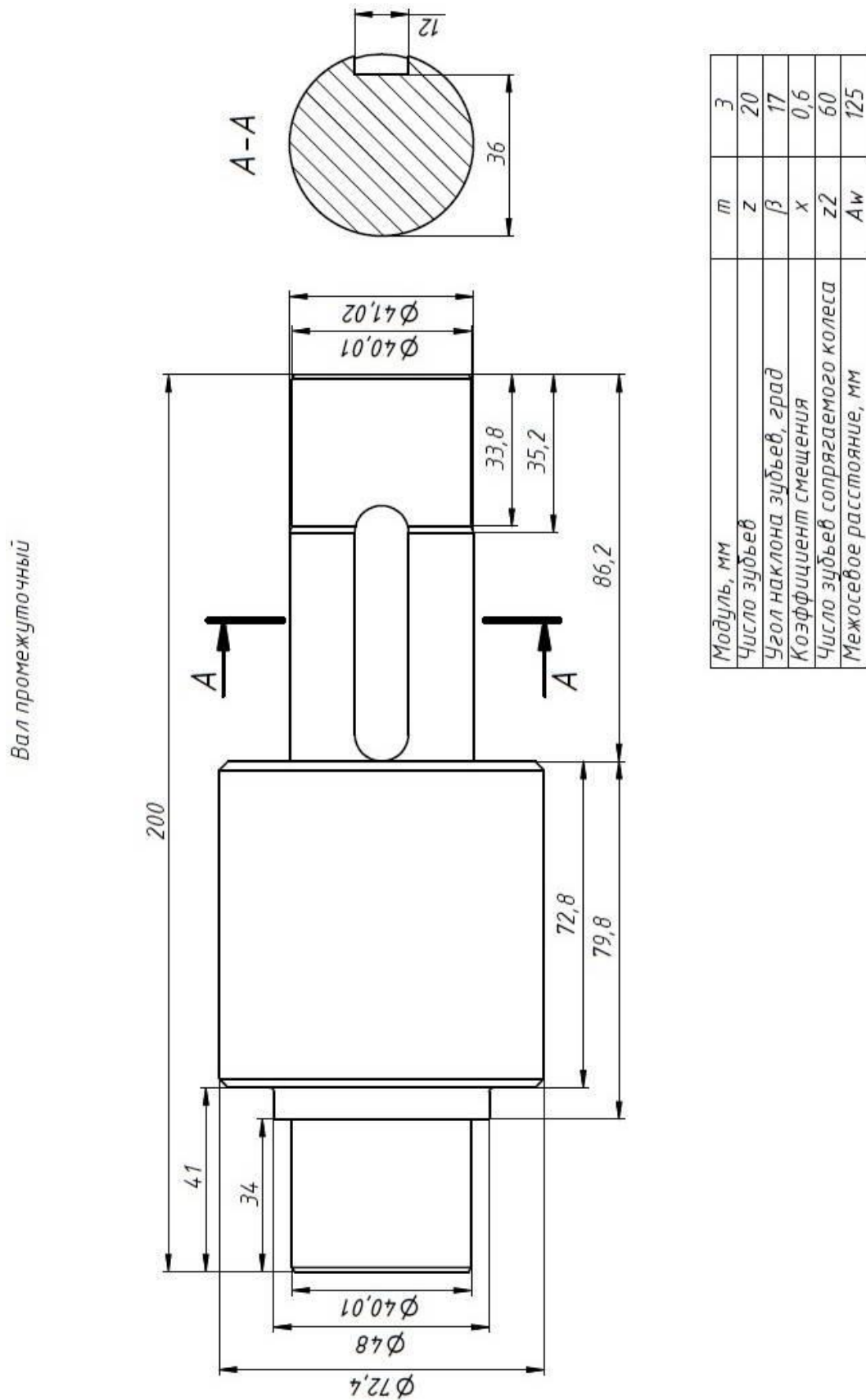


Рисунок А.7 – Чертеж вала-шестерни редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением

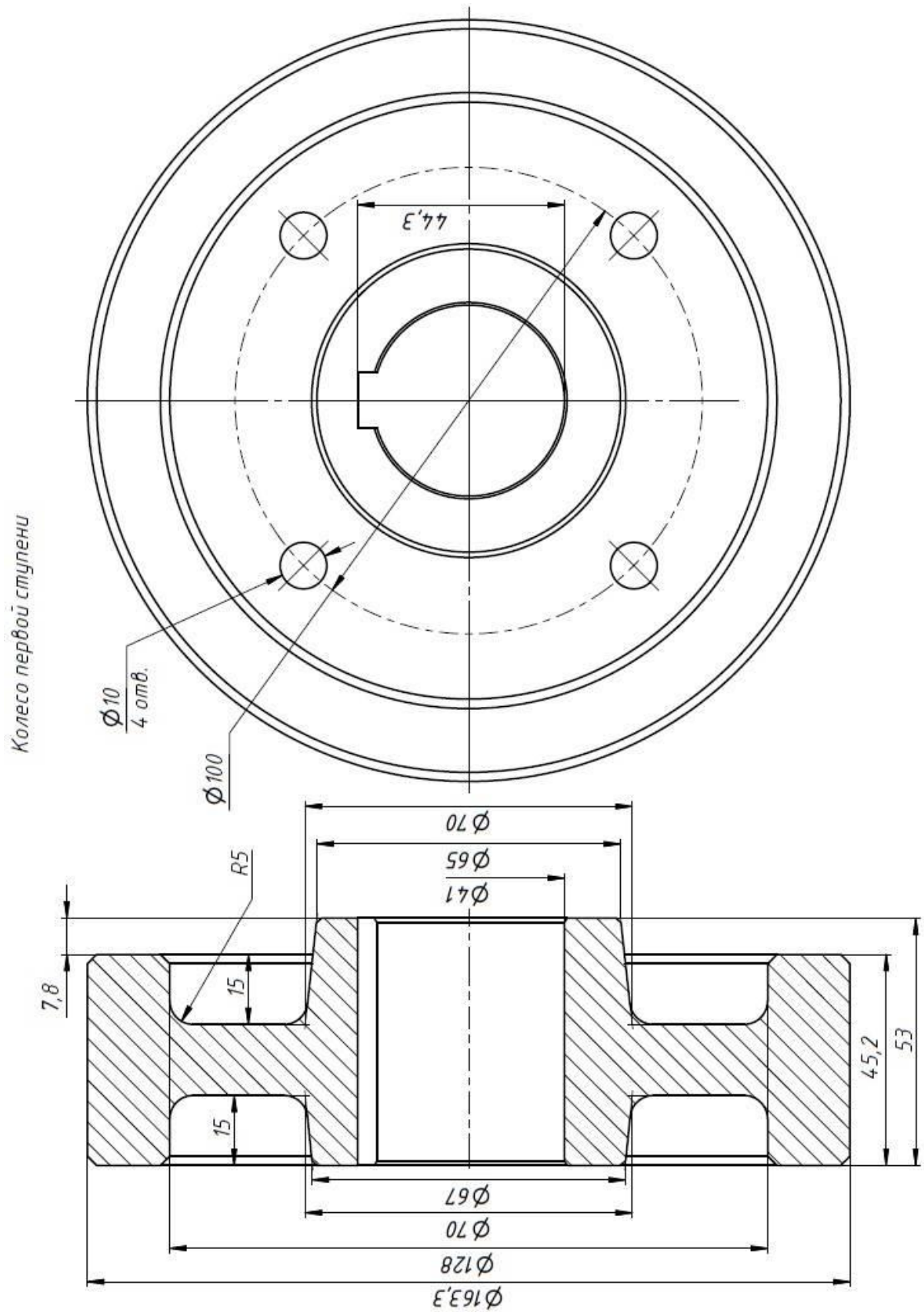


Рисунок А.8 – Чертеж колеса первой ступени редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением



Рисунок А.9 – Внешний вид входного вала-шестерни редуктора с ЭЦ зубчатым зацеплением после испытаний



Рисунок А.10 – Внешний вид вала-шестерни редуктора с ЭЦ зубчатым зацеплением после испытаний





Рисунок А.11 – Внешний вид колеса первой ступени редуктора с ЭЦ зубчатый зацеплением после испытаний

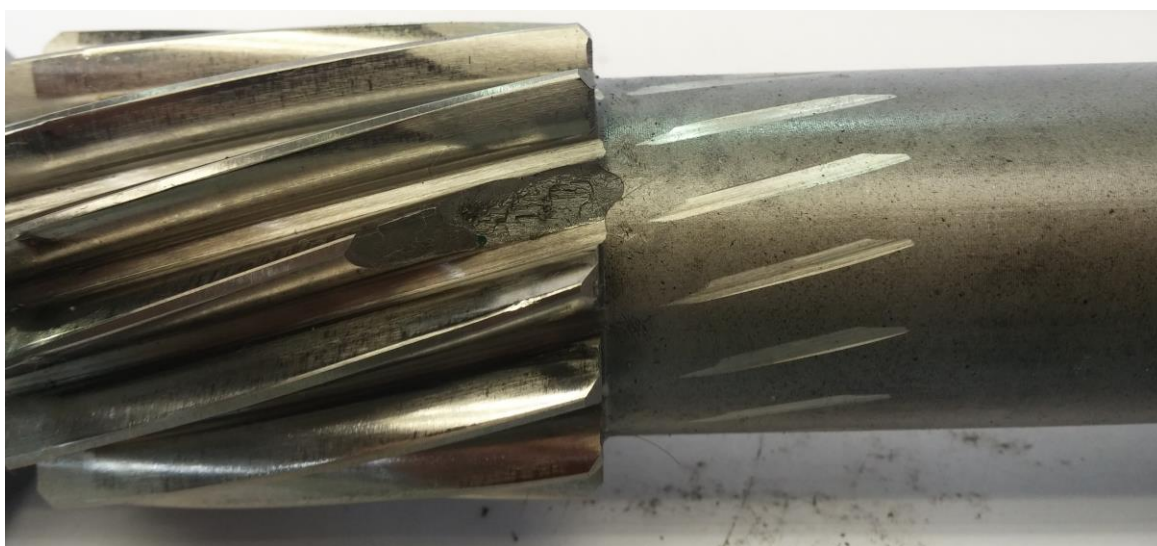


Рисунок А.12 – Внешний вид входного вала-шестерни редуктора с эвольвентным зубчатый зацеплением после испытаний





Рисунок А.13 – Внешний вид вала-шестерни редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением после испытаний

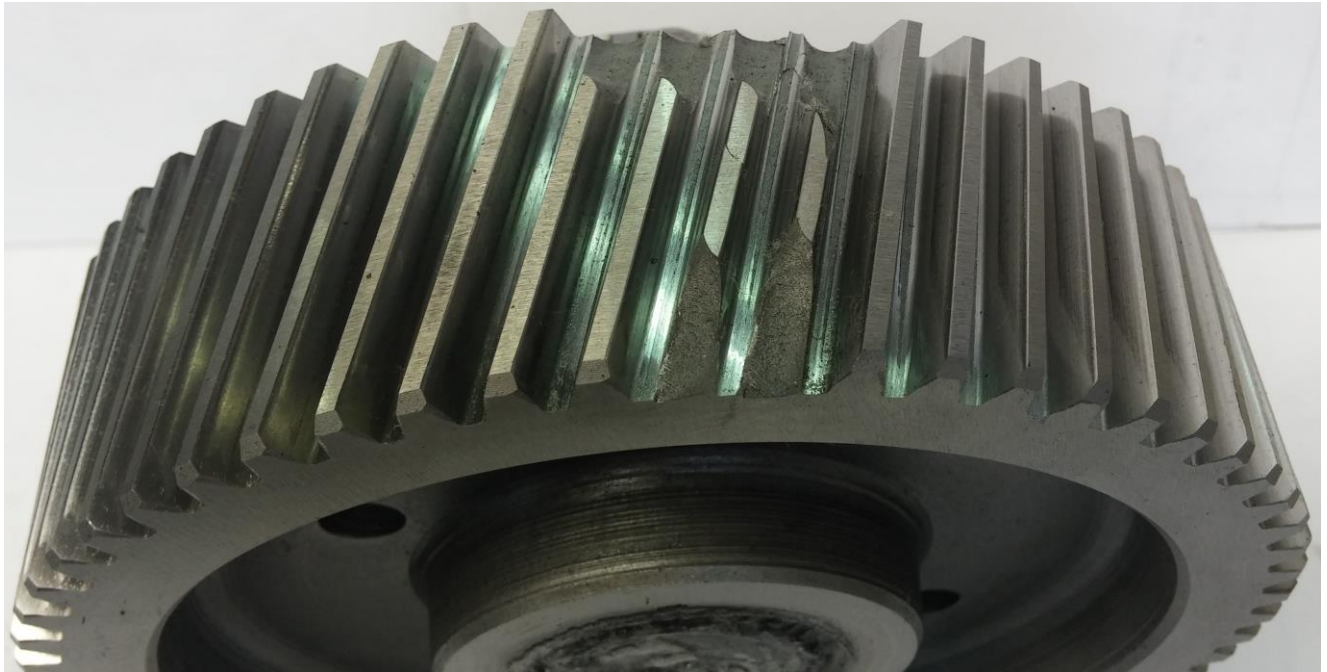


Рисунок А.14 – Внешний вид колеса первой ступени редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением после испытаний

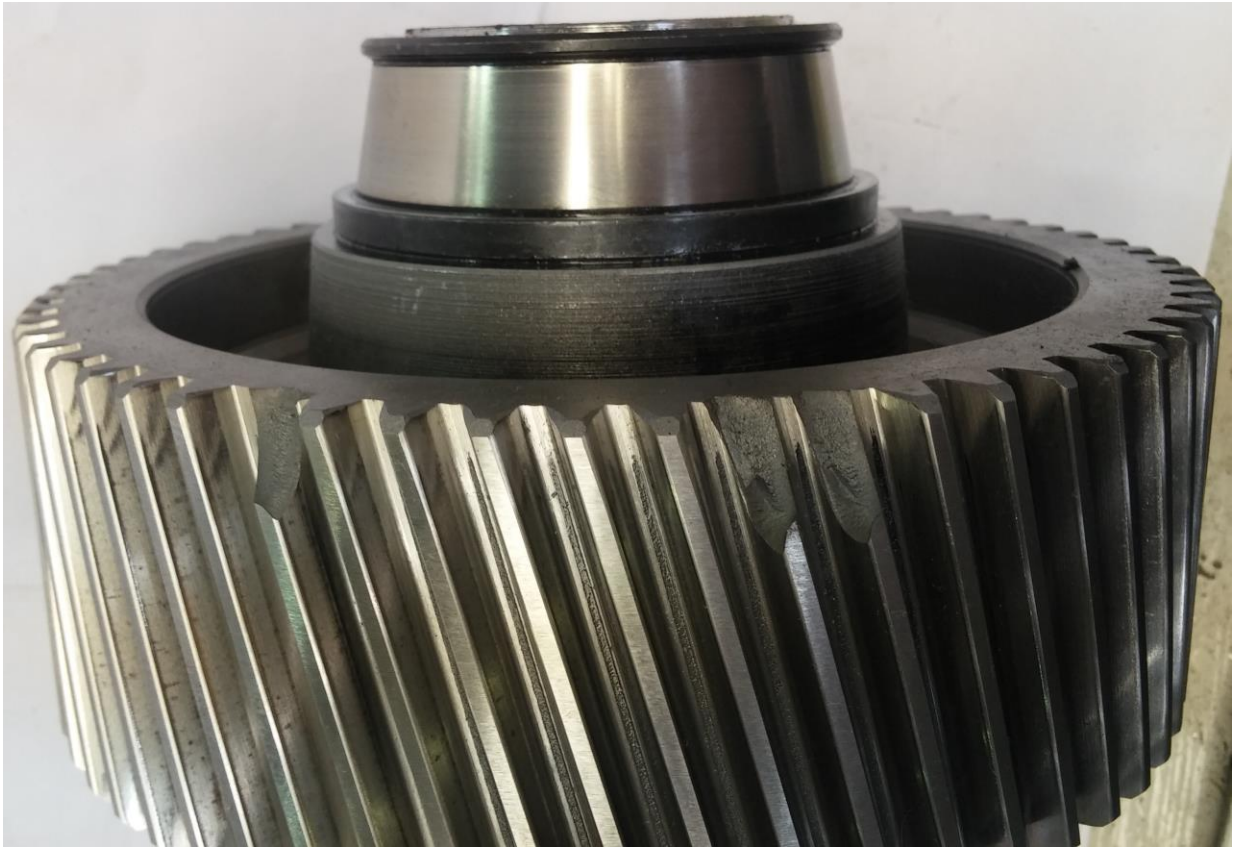


Рисунок А.15 – Внешний вид выходного колеса редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением после испытаний

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
*(обязательное)*

**ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ  
ТЦ ПАО «КАМАЗ»  
ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ № 243  
от « 22 » июля 2019 г.**

**Заказчик** НТЦ, главный специалист зубчатых передач и спецагрегатов – руководитель группы Р.И. Гарипов

**Предмет исследования** «Вал-шестерня входная» чертеж ТМ.202.00.00.001

**Цель исследования** металлографический анализ на соответствие требованиям чертежа, основание: служебная записка о проведении сравнительных испытаний двухступенчатого редуктора, исх. № 17-17300-1-71 от 17.04.2019 г., вх. № 148 от 24.05.2019 г.

**Требования чертежа ТМ.202.00.00.001:**

1 Материал: Сталь 20ХН3А ГОСТ 4543-2016.

2 Цементировать h 1,2...1,8 мм; твердость поверхностей зубьев: 58...62

HRC. Твердость сердцевины 28...32 HRC.

Исследования проводились при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха - 21°C;
- влажность воздуха - 43%;
- атмосферное давление – 745 мм.рт.ст.

На исследование представлен фрагмент детали редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5 после испытаний на долговечность. Долговечность редуктора двухступенчатого укомплектованного шестернями с эксцентриково-циклоидальным зубчатым зацеплением составила 6 часов 44 минуты.

**1 Внешний осмотр**

На исследование представлен фрагмент детали, в соответствии с рисунком 1.1.



Рисунок 1.1 – Внешний вид фрагмента детали.

## 2 Химический анализ

Химический состав металла детали определялся по ГОСТ Р 54153-2010 на эмиссионном спектрометре «SPECTROMAXx», зав. № 12003985, свидетельство поверки прибора № 5489 от 05.09.2018 г., действительно до 04.09.2020 г.

Результаты химического анализа материала детали в процентах представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Содержание элементов, %								Установленная марка стали
C	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	20ХН3А
0,18	0,002	0,22	0,35	0,64	2,74	0,21	0,019	ГОСТ 4543-2016
Примечание. Протокол № 332 от 29.05.2019 г.								

## 3 Твердость

Измерения твердости детали проводились по методу Роквелла ГОСТ 9013-59 при нагрузке 150 кгс на приборе ТР 5006, зав. № 559, свидетельство о поверке прибора от 24.05.2019 г., действительно 12 месяцев.

Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 57 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 37 HRC.

## 4 Микроструктурный анализ

Исследование микроструктуры проводилось на микрошлифе, вырезанном в поперечном сечении относительно оси симметрии зуба детали.

При просмотре слаботравленного шлифа в 0,4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте в структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой среднеигльчатый мартенсит 5 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла СТП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.1.

Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит, в соответствии с рисунком 4.2.



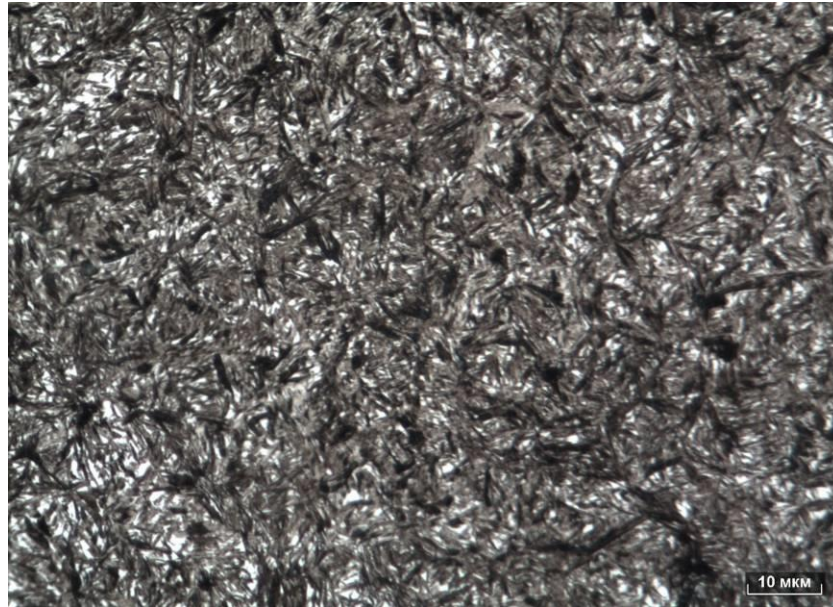


Рисунок 4.1 – Микроструктура цементованного слоя детали, х 1000.

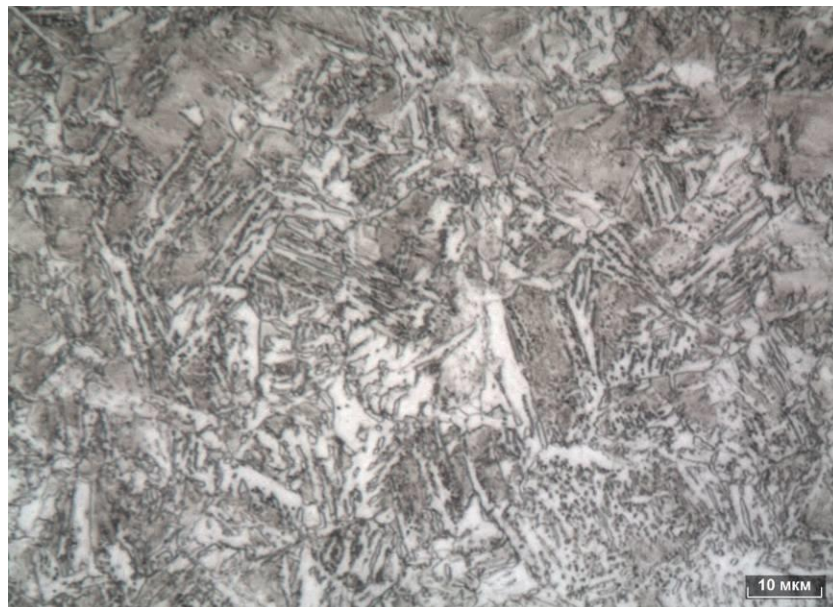


Рисунок 4.2 – Микроструктура сердцевины зуба детали, х 1000.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали измерялась по методу Виккерса ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 до эффективной условной микротвердости 550 HV 0,1 согласно требованиям СПП 37.104.1387-2017 на микротвердомере MicroMet 5104 при нагрузке 100 гс, зав. № 680-МІТ4-00338, свидетельство проверки прибора от 24.06.2019 г., действительно 12 месяцев.

Толщина поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и по галтели зуба детали идентична и составляет 0,95 мм.

## 5 Заключение

5.1 Химический состав металла детали «Вал-шестерня входная» чертеж ТМ.202.00.00.001 соответствует стали марки 20ХН3А ГОСТ 4543-2016, что удовлетворяет требованиям чертежа.

5.2 Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 57 HRC;  
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 37 HRC, что не удовлетворяет требованиям чертежа.

5.3 В структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

5.4 Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой среднеигльчатый мартенсит 5 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла, что удовлетворяет требованиям СПП 37.104.1387-2017.

5.5 Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит.

5.6 Толщина поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и по галтели зуба детали идентична и составляет 0,95 мм, что не удовлетворяет требованиям чертежа.

Начальник ЛМ ТЦ  
33-82-94



Д.Р. Валиахметова

Исполнители:



А. Р. Исмагилова

Согласовано:  
Главный специалист  
по исследованию металлов ТЦ



Г. Р. Исламова

Л.Т. Свистунова

**ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ**  
**ТЦ ПАО «КАМАЗ»**  
**ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ № 244**  
**от « 30 » июля 2019 г.**

**Заказчик** НТЦ, главный специалист зубчатых передач и спецагрегатов – руководитель группы Р.И. Гарипов

**Предмет исследования** «Колесо выходное» чертеж ТМ.202.00.00.002

**Цель исследования** металлографический анализ на соответствие требованиям чертежа, основание: служебная записка о проведении сравнительных испытаний двухступенчатого редуктора, исх. № 17-17300-1-71 от 17.04.2019 г., вх. № 148 от 24.05.2019 г.

**Требования чертежа ТМ.202.00.00.002:**

1 Материал: Сталь 20ХН3А ГОСТ 4543-2016.

2 Цементировать h 1,2...1,8 мм; твердость поверхностей зубьев 58...62 HRC. Твердость сердцевины 28...32 HRC.

Исследования проводились при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха – 22°C;
- влажность воздуха – 46 %;
- атмосферное давление – 750 мм.рт.ст.

На исследование представлена деталь редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5 после испытаний на долговечность. Долговечность редуктора укомплектованного шестернями с эксцентриково-циклоидальным зубчатым зацеплением составила 6 часов 44 минуты.

**1 Внешний осмотр**

На исследование представлена деталь, в соответствии с рисунком 1.1.



Рисунок 1.1 – Внешний вид детали.



## 2 Химический анализ

Химический состав металла детали определялся:

- по ГОСТ Р 54153-2010 на эмиссионном спектрометре «СПЕКТРОМАХ», зав. № 12003985, свидетельство поверки прибора № 5489 от 05.09.2018 г., действительно до 04.09.2020 г.;

- углерода и серы – методом инфракрасной абсорбции на анализаторе «LECO CS-230», зав. № 3874, свидетельство поверки прибора № 9822632 от 23.01.2019 г., действительно до 22.01.2020 г.

Результаты химического анализа материала детали в процентах представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Содержание элементов, %								Установленная марка стали
C	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	
0,14	0,016	0,27	0,40	0,74	2,78	0,18	0,004	12ХН3А ГОСТ 4543-2016
Примечание. Протокол № 352 от 06.06.2019 г.								

## 3 Твердость

Измерения твердости детали проводились по методу Роквелла ГОСТ 9013-59 при нагрузке 150 кгс на приборе ТР 5006, зав. № 559, свидетельство о поверке прибора от 24.05.2019 г., действительно 12 месяцев.

Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 59 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 30 HRC.

## 4 Микроструктурный анализ

Исследование микроструктуры проводилось на микрошлифе, вырезанном в поперечном сечении относительно оси симметрии зуба детали.

При просмотре слаботравленного шлифа в 0,4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте в структуре поверхностного цементованного слоя детали по галтели выявлено наличие трооститной сетки на глубину до 0,014 мм, в соответствии с рисунком 4.1.

Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой среднеигльчатый мартенсит 5 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла СТП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.2.

Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит, в соответствии с рисунком 4.3.

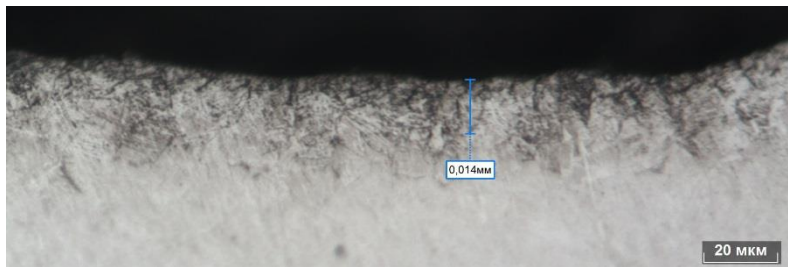


Рисунок 4.1 – Трооститная сетка в поверхностном цементованном слое по галтели зуба детали, x 500.

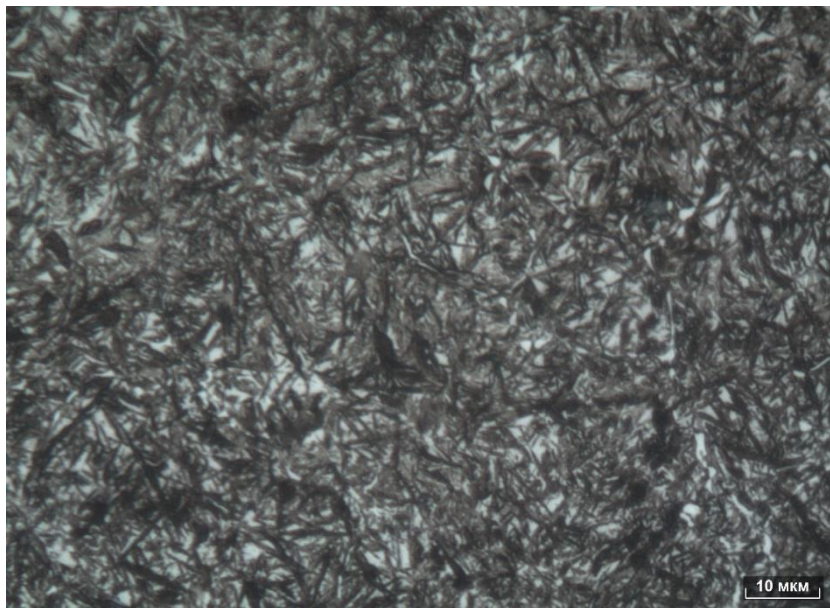


Рисунок 4.2 – Микроструктура цементованного слоя детали, x 1000.

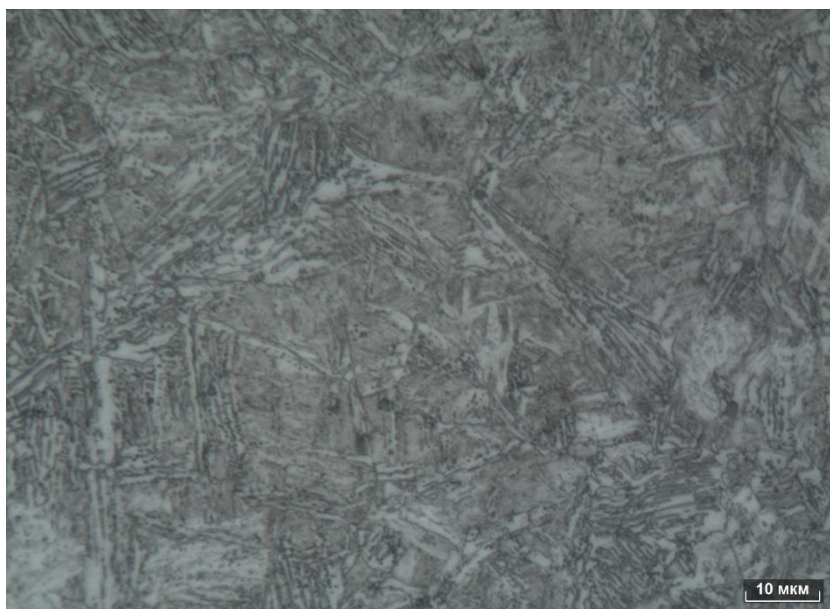


Рисунок 4.3 – Микроструктура сердцевины зуба детали, x 1000.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали измерялась по методу Виккерса ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 до эффективной условной микротвердости 550 HV 0,1 согласно требованиям СП 37.104.1387-2017 на микротвердомере MicroMet 5104 при нагрузке 100 гс, зав. № 680-МП4-00338, свидетельство поверки прибора от 24.06.2019 г., действительно 12 месяцев.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,5 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 1,7 мм.

При микроструктурном исследовании в поверхностном цементованном слое детали выявлено наличие:

- по галтели зуба - окислов на максимальную глубину до 0,01 мм, в соответствии с рисунком 4.4;
- по рабочей поверхности зуба - карбидов 6 балла СП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.5.

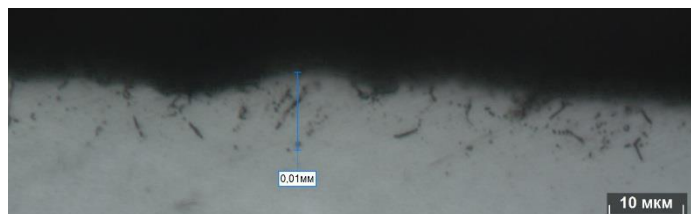


Рисунок 4.4 – Окислы в поверхностном цементованном слое по галтели зуба детали, x 1000.

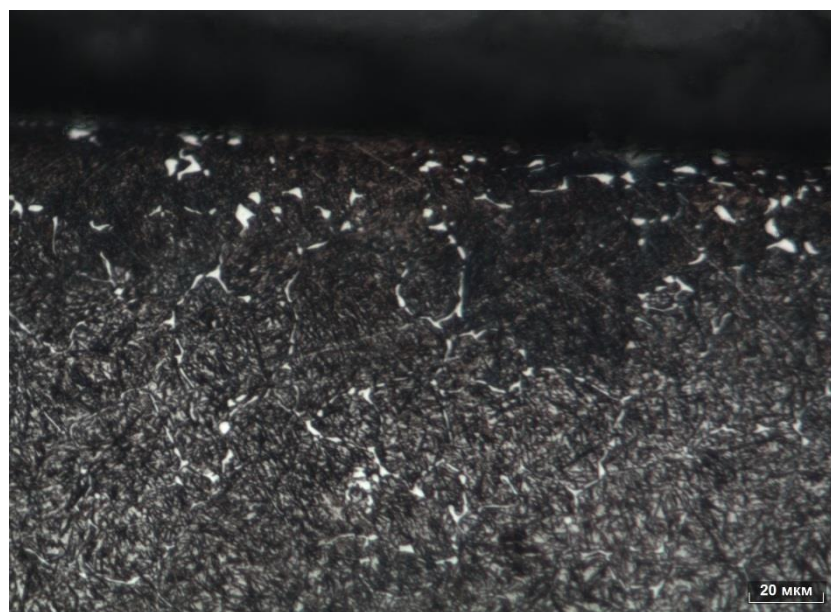


Рисунок 4.5 – Карбиды в поверхностном цементованном слое по рабочей поверхности зуба детали, x 500.

## 5 Заключение

5.1 Химический состав металла детали «Колесо выходное» чертеж ТМ.202.00.00.002 соответствует стали марки 12ХН3А ГОСТ 4543-2016, что не удовлетворяет требованиям чертежа.

5.2 Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 59 HRC;

- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 30 HRC, что удовлетворяет требованиям чертежа.

5.3 В структуре поверхностного цементованного слоя по галтели детали выявлено наличие трооститной сетки на глубину до 0,014 м, что удовлетворяет СТП 37.104.1387-2017.

5.4 Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой среднеигольчатый мартенсит 5 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла, что удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017.

5.5 Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит.

5.6 Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,5 мм;

- по рабочей поверхности зуба – 1,7 мм.

5.7 При микроструктурном исследовании в поверхностном цементованном слое по галтели зуба детали выявлено наличие окислов на максимальную глубину до 0,01 мм.

5.8 При микроструктурном исследовании в поверхностном цементованном слое по рабочей поверхности зуба детали выявлено наличие карбидов 6 балла, что не удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017

Начальник ЛМ ТЦ  
33-82-94



Д.Р. Валиахметова

Исполнители:



А. Р. Исмагилова

Согласовано:



Г. Р. Исламова

Главный специалист  
по исследованию металлов ТЦ



Л.Т. Свистунова



**ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ  
ТЦ ПАО «КАМАЗ»  
ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ № 245  
от « 30 » июля 2019 г.**

**Заказчик** НТЦ, главный специалист зубчатых передач и спецагрегатов – руководитель группы Р.И. Гарипов

**Предмет исследования** «Вал-шестерня» чертеж ТМ.202.00.01.001

**Цель исследования** металлографический анализ на соответствие требованиям чертежа, основание: служебная записка о проведении сравнительных испытаний двухступенчатого редуктора, исх. № 17-17300-1-71 от 17.04.2019 г., вх. № 148 от 24.05.2019 г.

**Требования чертежа ТМ.202.00.01.001:**

1 Материал: Сталь 20ХН3А ГОСТ 4543-2016.

2 Цементировать h 1,2...1,8 мм; твердость поверхностей зубьев 58...62 HRC.

Твердость сердцевины 28...32 HRC.

Исследования проводились при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха - 21°C;
- влажность воздуха - 43%;
- атмосферное давление – 745 мм.рт.ст.

На исследование представлена деталь редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5 после испытаний на долговечность. Долговечность редуктора укомплектованного шестернями с эксцентриково-циклоидальным зубчатым зацеплением составила 6 часов 44 минуты.

**1 Внешний осмотр**

На исследование представлен фрагмент детали, в соответствии с рисунком 1.1.



Рисунок 1.1 – Внешний вид фрагмента детали.

## 2 Химический анализ

Химический состав металла детали определялся по ГОСТ Р 54153-2010 на эмиссионном спектрометре «SPECTROMAXx», зав. № 12003985, свидетельство поверки прибора № 5489 от 05.09.2018 г., действительно до 04.09.2020 г.

Результаты химического анализа материала детали в процентах представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Содержание элементов, %								Установленная марка стали
C	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	
0,18	0,006	0,22	0,35	0,65	2,80	0,20	0,019	20ХН3А ГОСТ 4543-2016
Примечание. Протокол № 342 от 30.05.2019 г.								

## 3 Твердость

Измерения твердости детали проводились по методу Роквелла ГОСТ 9013-59 при нагрузке 150 кгс на приборе ТР 5006, зав. № 559, свидетельство о поверке прибора от 24.05.2019 г., действительно 12 месяцев.

Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 59 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 30 HRC.

## 4 Микроструктурный анализ

Исследование микроструктуры проводилось на микрошлифе, вырезанном в поперечном сечении относительно оси симметрии зуба детали.

При просмотре нетравленного шлифа в структуре поверхностного цементованного слоя по галтели и впадине детали выявлено наличие окислов на максимальную глубину до 0,026 мм, в соответствии с рисунком 4.1.

При просмотре слаботравленного шлифа в 0,4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте в структуре поверхностного цементованного слоя по галтели зуба детали выявлено наличие трооститной полосы с включениями феррита на глубину до 0,038 мм, в соответствии с рисунком 4.2.

Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой среднеигльчатый мартенсит 5 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла СТП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.3.

Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит с сохранившейся ориентировкой мартенситных игл, соответствующих грубоигльчатому мартенситу более 10 балла ГОСТ 8233-56 (длина игл до 0,027 мм), в соответствии с рисунком 4.4.

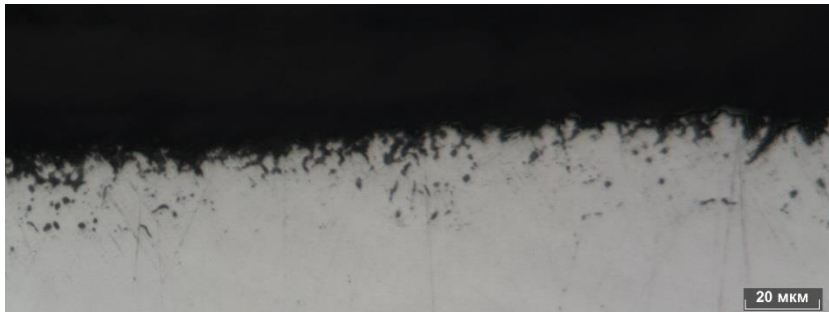


Рисунок 4.1 – Окислы в поверхностном цементованном слое по галтели зуба детали, х 500.

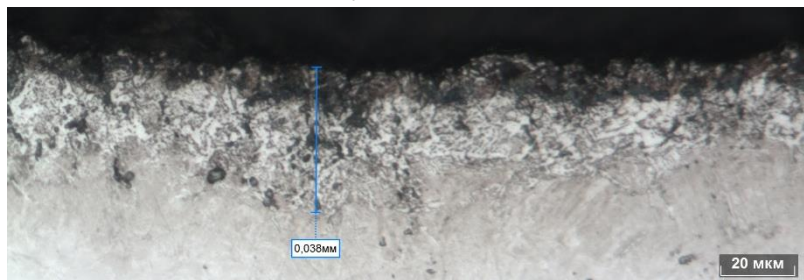


Рисунок 4.2 – Трооститная полоса в поверхностном цементованном слое по галтели зуба детали, х 500.

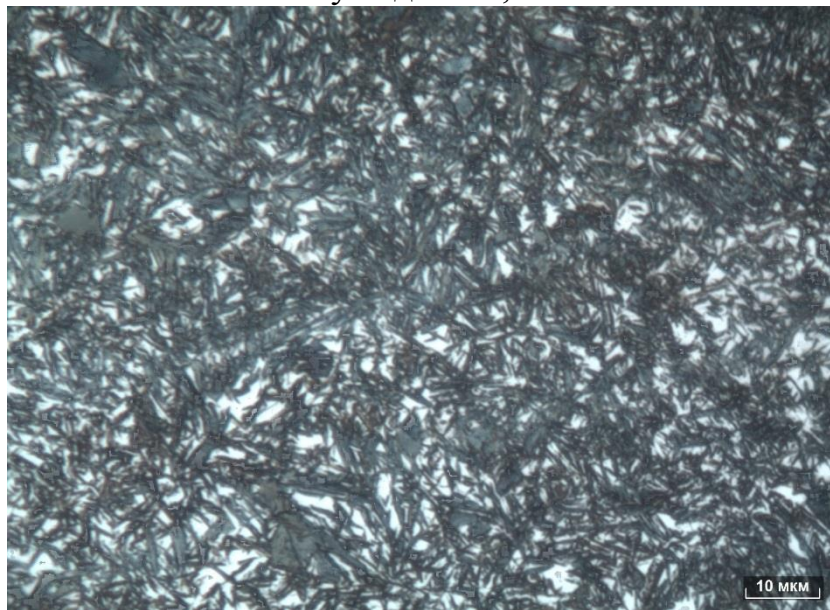


Рисунок 4.3 – Микроструктура нитроцементованного слоя детали, х 1000.

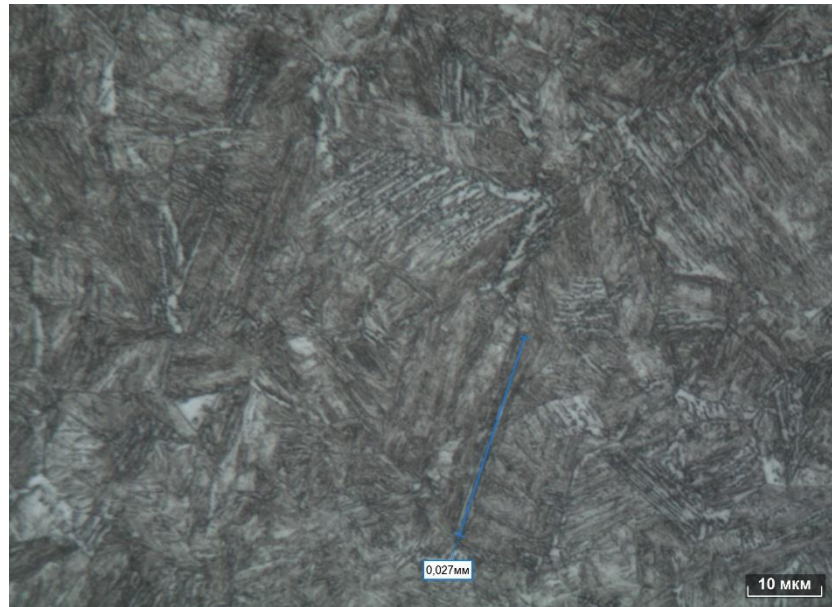


Рисунок 4.4 – Микроструктура сердцевины зуба детали, x 1000.

При микроструктурном исследовании по рабочей поверхности зуба в металле детали выявлено наличие карбонитридов и карбидов 6 балла СТП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.5.



Рисунок 4.5 – Карбонитриды и карбиды в поверхностном цементованном слое по рабочей поверхности зуба детали, x 500.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали измерялась по методу Виккерса ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 до эффективной условной микротвердости 550 HV 0,1 согласно требованиям СТП 37.104.1387-2017 на микротвердометре MicroMet 5104 при нагрузке 100 гс, зав. № 680-МП4-00338, свидетельство поверки прибора от 24.06.2019 г., действительно 12 месяцев.



Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,85 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 2,10 мм.

## 5 Заключение

5.1 Химический состав металла детали «Вал-шестерня» чертеж ТМ.202.00.01.001 соответствует стали марки 20ХН3А ГОСТ 4543-2016, что удовлетворяет требованиям чертежа.

5.2 Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 59 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 30 HRC, что удовлетворяет требованиям чертежа.

5.3 В структуре поверхностного цементованного слоя по галтели зуба детали выявлено наличие окислов на максимальную глубину до 0,026 мм, что не удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017.

5.4 В структуре поверхностного цементованного слоя по галтели зуба детали выявлено наличие трооститной полосы с включениями феррита на глубину до 0,038 мм, что не удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017.

5.5 Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой среднеигльчатый мартенсит 5 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла, что удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017.

5.6 Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит с сохранившейся ориентировкой мартенситных игл, соответствующих грубоигльчатому мартенситу более 10 балла ГОСТ 8233-56 (длина игл до 0,027 мм).

5.7 При микроструктурном исследовании по рабочей поверхности зуба в металле детали выявлено наличие карбонитридов и карбидов 6 балла, что не удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017.

5.8 Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,85 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 2,10 мм, что не удовлетворяет требованиям чертежа.

Начальник ЛМ ТЦ  
33-82-94



Д.Р. Валиахметова

Исполнители:



А. Р. Исмагилова

Согласовано:  
Главный специалист  
по исследованию металлов ТЦ



Г. Р. Исламова

Л.Т. Свистунова

**ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ  
ТЦ ПАО «КАМАЗ»  
ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ № 246  
от « 30 » июля 2019 г.**

**Заказчик** НТЦ, главный специалист зубчатых передач и спецагрегатов – руководитель группы Р.И. Гарипов

**Предмет исследования** «Колесо первой ступени» чертеж ТМ.202.00.01.002

**Цель исследования** металлографический анализ на соответствие требованиям чертежа, основание: служебная записка о проведении сравнительных испытаний двухступенчатого редуктора, исх. № 17-17300-1-71 от 17.04.2019 г., вх. № 148 от 24.05.2019 г.

**Требования чертежа ТМ.202.00.01.002:**

1 Материал: Сталь 20ХН3А ГОСТ 4543-2016.

2 Цементировать h 1,2...1,8 мм; твердость поверхностей зубьев 58...62 HRC.

Твердость сердцевины 28...32 HRC.

Исследования проводились при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха - 22°C;
- влажность воздуха - 46 %;
- атмосферное давление – 750 мм.рт.ст.

На исследование представлена деталь редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5 после испытаний на долговечность. Долговечность редуктора укомплектованного шестернями с эксцентриково-циклоидальным зубчатым зацеплением составила 6 часов 44 минуты.

**1 Внешний осмотр**

На исследование представлена деталь, в соответствии с рисунком 1.1.



Рисунок 1.1 – Внешний вид детали.

## 2 Химический анализ

Химический состав металла детали определялся по ГОСТ Р 54153-2010 на эмиссионном спектрометре «SPECTROMAXx», зав. № 12003985, свидетельство поверки прибора № 5489 от 05.09.2018 г., действительно до 04.09.2020 г.

Результаты химического анализа материала детали в процентах представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Содержание элементов, %								Установленная марка стали
C	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	
0,20	0,009	0,26	0,44	0,75	2,90	0,29	0,004	20ХН3А ГОСТ 4543-2016
Примечание. Протокол № 354 от 05.06.2019 г.								

## 3 Твердость

Измерения твердости детали проводились по методу Роквелла ГОСТ 9013-59 при нагрузке 150 кгс на приборе ТР 5006, зав. № 559, свидетельство о поверке прибора от 24.05.2019 г., действительно 12 месяцев.

Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 59,5 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 44,0 HRC.

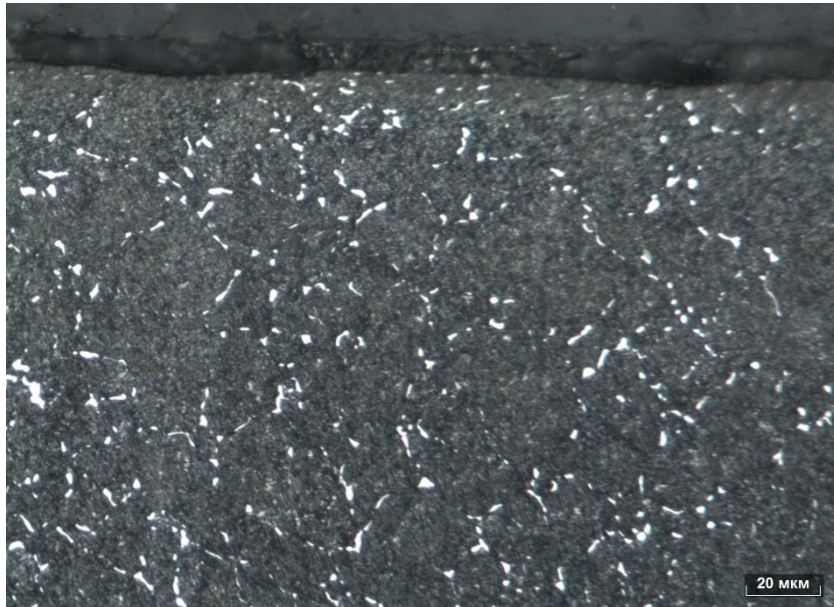
## 4 Микроструктурный анализ

Исследование микроструктуры проводилось на микрошлифе, вырезанном в поперечном сечении относительно оси симметрии зуба детали.

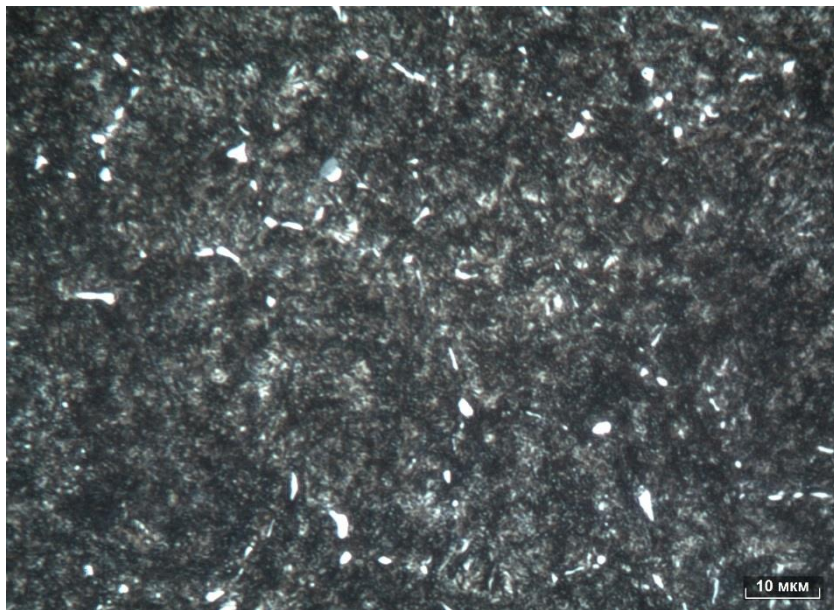
При просмотре слаботравленного шлифа в 0,4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте в структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелко-игольчатый мартенсит 3 балла ГОСТ 8233-56 и карбиды 6 балла СТП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.1.

Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит, в соответствии с рисунком 4.2.



x 500



x 1000

Рисунок 4.1 – Микроструктура цементованного слоя детали.





Рисунок 4.2 – Микроструктура сердцевины зуба детали, х 1000.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали измерялась по методу Виккерса ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 до эффективной условной микротвердости 550 HV 0,1 согласно требованиям СПП 37.104.1387-2017 на микротвердометре MicroMet 5104 при нагрузке 100 гс, зав. № 680-МП4-00338, свидетельство поверки прибора от 24.06.2019 г., действительно 12 месяцев.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 2,1 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 2,7 мм.

## 5 Заключение

5.1 Химический состав металла детали «Колесо первой ступени» чертеж ТМ.202.00.01.002 соответствует стали марки 20ХНЗА ГОСТ 4543-2016, что удовлетворяет требованиям чертежа.

5.2 Твердость по вершине зуба детали составляет 59,5 HRC, что удовлетворяет требованиям чертежа.

5.3 Твердость в сердцевине на 2/3 от вершины зуба детали составляет 44,0 HRC, что не удовлетворяет требованиям чертежа.

5.3 В структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

5.4 Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелкоигольчатый мартенсит 3 балла ГОСТ 8233-56 и карбиды 6 балла, что не удовлетворяет требованиям СПП 37.104.1387-2017.

5.5 Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит.

5.6 Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 2,1 мм;  
- по рабочей поверхности зуба – 2,7 мм, что не удовлетворяет требованиям чертежа.

Начальник ЛМ ТЦ  
33-82-94



Д.Р. Валиахметова

Исполнители:



А. Р. Исмагилова

Согласовано:  
Главный специалист  
по исследованию металлов ТЦ



Г. Р. Исламова



Л.Т. Свистунова



**ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ  
ТЦ ПАО «КАМАЗ»  
ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ № 247  
от « 22 » июля 2019 г.**

**Заказчик** НТЦ, главный специалист зубчатых передач и спецагрегатов – руководитель группы Р.И. Гарипов

**Предмет исследования** «Вал-шестерня входная» чертеж-аналог  
ТМ.202.00.00.001

**Цель исследования** металлографический анализ, основание: служебная записка о проведении сравнительных испытаний двухступенчатого редуктора, исх. № 17-17300-1-71 от 17.04.2019 г., вх. № 148 от 24.05.2019 г.

**Требования чертежа-аналога ТМ.202.00.00.001:**

- 1 Материал: Сталь 20ХН3А ГОСТ 4543-2016.
- 2 Цементировать h 1,2...1,8 мм; твердость поверхностей зубьев: 58...62 HRC. Твердость сердцевины 28...32 HRC.

Исследования проводились при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха - 21°C;
- влажность воздуха - 43%;
- атмосферное давление – 745 мм.рт.ст.

На исследование представлен фрагмент детали редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5 после испытаний на долговечность. Долговечность редуктора двухступенчатого укомплектованного шестернями с эвольвентным зубчатым зацеплением составила 6 часов.

**1 Внешний осмотр**

На исследование представлен фрагмент разрушенной детали. Разрушение детали произошло в виде скола одного зуба, в соответствии с рисунком 1.1. Очаг разрушения расположен по галтели зуба.

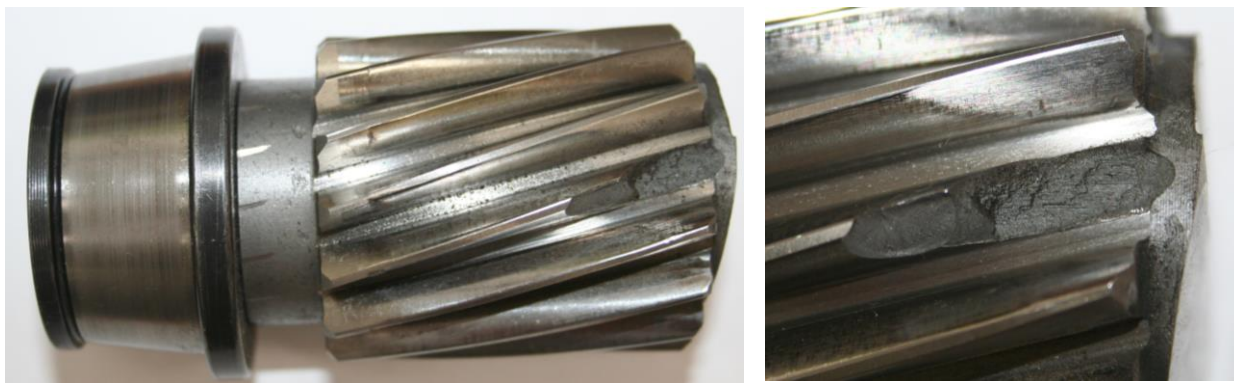


Рисунок 1.1 – Внешний вид фрагмента детали.

## 2 Химический анализ

Химический состав металла детали определялся по ГОСТ Р 54153-2010 на эмиссионном спектрометре «SPECTROMAXx», зав. № 12003985, свидетельство поверки прибора № 5489 от 05.09.2018 г., действительно до 04.09.2020 г.

Результаты химического анализа материала детали в процентах представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Содержание элементов, %									Установленная марка стали
C	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Mo	P	
0,23	0,020	0,25	0,95	1,01	0,12	0,18	0,21	0,023	25ХГМ ГОСТ 4543-2016
Примечание. Протокол № 333 от 29.05.2019 г.									

## 3 Твердость

Измерения твердости детали проводились по методу Роквелла ГОСТ 9013-59 при нагрузке 150 кгс на приборе ТР 5006, зав. № 559, свидетельство о поверке прибора от 24.05.2019 г., действительно 12 месяцев.

Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 62 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 41 HRC.

## 4 Микроструктурный анализ

Исследование микроструктуры проводилось на микрошлифе, вырезанном в поперечном сечении относительно оси симметрии зуба детали.

При просмотре слаботравленного шлифа в 0,4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте в структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелкоигольчатый мартенсит 4 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла СТП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.1.

Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит, в соответствии с рисунком 4.2.

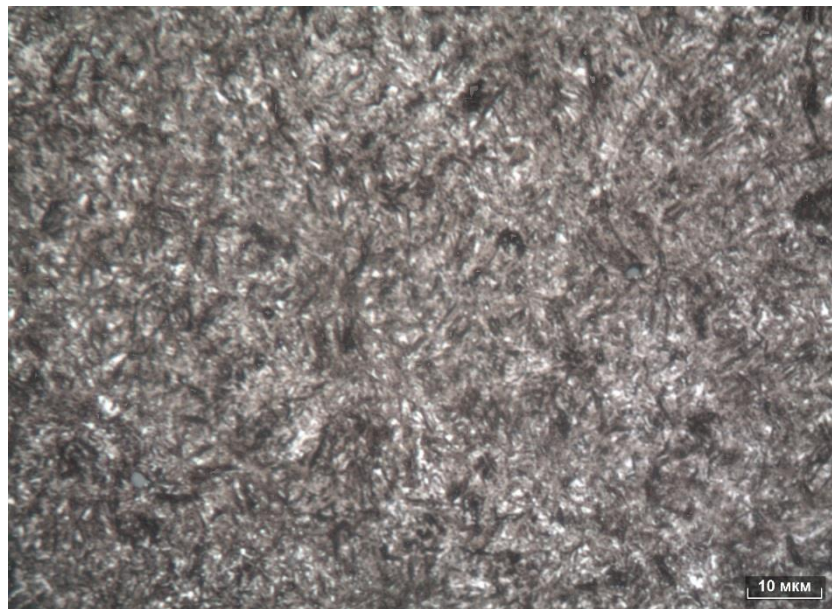


Рисунок 4.1 – Микроструктура цементованного слоя детали, х 1000.



Рисунок 4.2 – Микроструктура сердцевины зуба детали, х 1000.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали измерялась по методу Виккерса ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 до эффективной условной микротвердости 550 HV 0,1 согласно требованиям СТП 37.104.1387-2017 на микротвердомере MicroMet 5104 при нагрузке 100 гс, зав. № 680-МІТ4-00338, свидетельство поверки прибора от 24.06.2019 г., действительно 12 месяцев.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,0 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 1,5 мм.

## 5 Заключение

5.1 Химический состав металла детали «Вал-шестерня входная» чертеж-аналог ТМ.202.00.00.001 соответствует стали марки 25ХГМ ГОСТ 4543-2016.

5.2 Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 62 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 41 HRC.

5.3 В структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

5.4 Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелкоигльчатый мартенсит 4 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла, что удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017.

5.5 Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит.

5.6 Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,0 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 1,5 мм.

Начальник ЛМ ТЦ  
33-82-94



Д.Р. Валиахметова

Исполнители:



А. Р. Исмагилова

Согласовано:  
Главный специалист  
по исследованию металлов ТЦ



Г. Р. Исламова



Л.Т. Свистунова

**ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ**  
**ТЦ ПАО «КАМАЗ»**  
**ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ № 248**  
**от « 30 » июля 2019 г.**

**Заказчик** НТЦ, главный специалист зубчатых передач и спецагрегатов – руководитель группы Р.И. Гарипов

**Предмет исследования** «Колесо выходное» чертеж-аналог ТМ.202.00.00.002

**Цель исследования** металлографический анализ, основание: служебная записка о проведении сравнительных испытаний двухступенчатого редуктора, исх. № 17-17300-1-71 от 17.04.2019 г., вх. № 148 от 24.05.2019 г.

**Требования чертежа-аналога ТМ.202.00.00.002:**

1 Материал: Сталь 20ХНЗА ГОСТ 4543-2016.

2 Цементировать h 1,2...1,8 мм; твердость поверхностей зубьев 58...62 HRC.

Твердость сердцевины 28...32 HRC.

Исследования проводились при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха - 22°C;
- влажность воздуха - 46 %;
- атмосферное давление – 750 мм.рт.ст.

На исследование представлена деталь редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5 после испытаний на долговечность. Долговечность редуктора укомплектованного шестернями с эвольвентным зубчатым зацеплением составила 6 часов.

**1 Внешний осмотр**

На исследование представлена деталь, в соответствии с рисунком 1.1. Разрушение детали произошло в виде скола трех зубьев, в соответствии с рисунком 1.2. Очаги разрушения расположены по галтели вблизи острой кромки зубьев детали.



Рисунок 1.1 – Внешний вид детали.



очаги разрушения

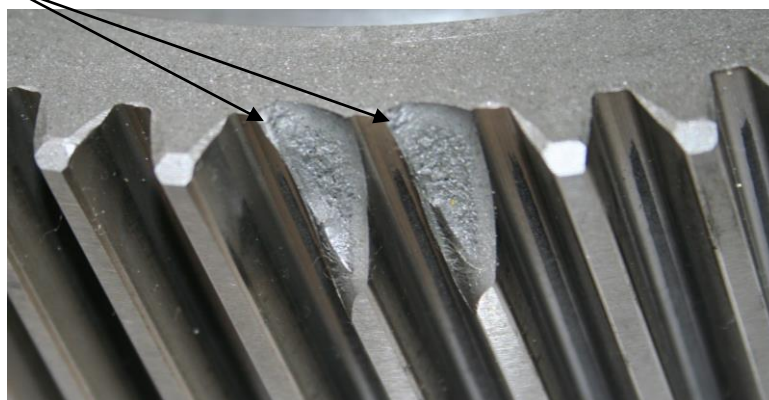


Рисунок 1.2 – Поверхность излома разрушенной детали.

## 2 Химический анализ

Химический состав металла детали определялся по ГОСТ Р 54153-2010 на эмиссионном спектрометре «SPECTROMAX», зав. № 12003985, свидетельство поверки прибора № 5489 от 05.09.2018 г., действительно до 04.09.2020 г.

Результаты химического анализа материала детали в процентах представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Содержание элементов, %									Установленная марка стали
С	S	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Cu	P	18ХГТ ГОСТ 4543-2016
0,20	0,014	0,26	0,89	1,09	0,10	0,08	0,20	0,020	
Примечание. Протокол № 353 от 05.06.2019 г.									

## 3 Твердость

Измерения твердости детали проводились по методу Роквелла ГОСТ 9013-59 при нагрузке 150 кгс на приборе ТР 5006, зав. № 559, свидетельство о поверке прибора от 24.05.2019 г., действительно 12 месяцев.

Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 60 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 31 HRC.

## 4 Микроструктурный анализ

Исследование микроструктуры проводилось на микрошлифе, вырезанном в поперечном сечении относительно оси симметрии зуба детали.

При просмотре слаботравленного шлифа в 0,4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте в структуре поверхностного цементованного слоя по рабо-

чей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелко-игольчатый мартенсит 3 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла СТП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.1.

Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит и феррит, в соответствии с рисунком 4.2.

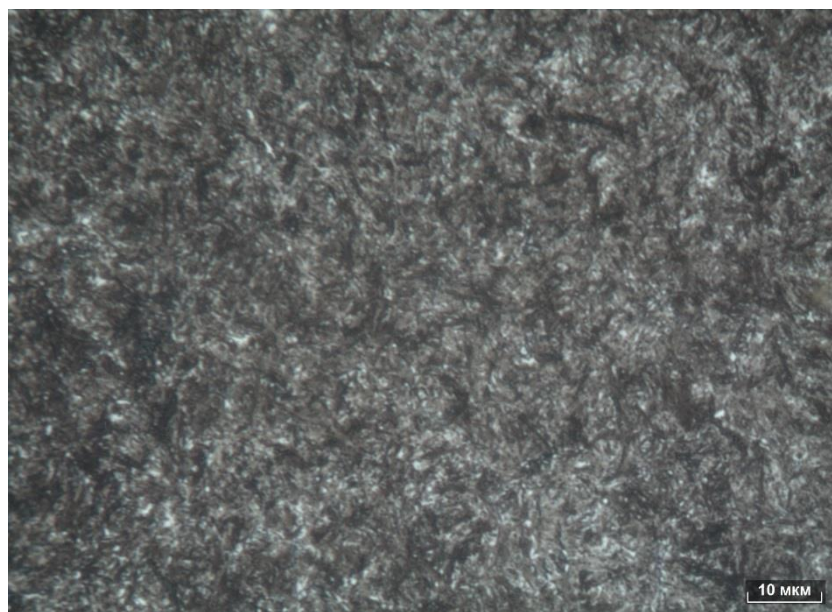


Рисунок 4.1 – Микроструктура цементованного слоя детали, х 1000.

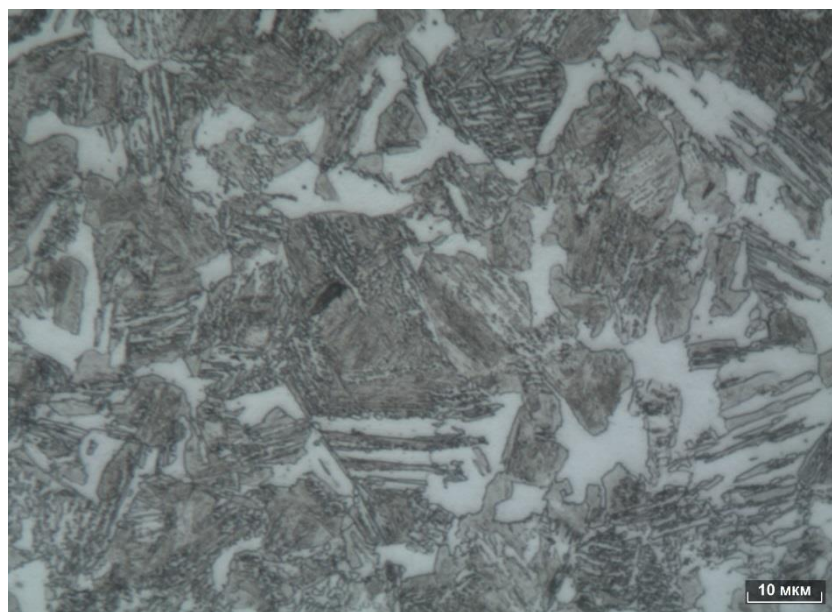


Рисунок 4.2 – Микроструктура сердцевины зуба детали, х 1000.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали измерялась по методу Виккерса ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 до эффективной условной микротвердо-

сти 550 HV 0,1 согласно требованиям СТП 37.104.1387-2017 на микротвердометре MicroMet 5104 при нагрузке 100 гс, зав. № 680-МІТ4-00338, свидетельство поверки прибора от 24.06.2019 г., действительно 12 месяцев.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,1 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 1,5 мм.

## 5 Заключение

5.1 Химический состав металла детали «Колесо выходное» чертеж ТМ.202.00.00.002 соответствует стали марки 18ХГТ ГОСТ 4543-2016.

5.2 Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 60 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 31 HRC..

5.3 В структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

5.4 Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелкоигльчатый мартенсит 3 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла, что удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017.

5.5 Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит и феррит.

5.6 Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,1 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 1,5 мм.

Начальник ЛМ ТЦ  
33-82-94



Д.Р. Валиахметова

Исполнители:



А. Р. Исмагилова

Согласовано:  
Главный специалист  
по исследованию металлов ТЦ



Г. Р. Исламова

Л.Т. Свистунова

**ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ  
ТЦ ПАО «КАМАЗ»  
ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ № 249  
от « 30 » июля 2019 г.**

**Заказчик** НТЦ, главный специалист зубчатых передач и спецагрегатов – руководитель группы Р.И. Гарипов

**Предмет исследования** «Вал-шестерня» чертеж-аналог ТМ.202.00.01.001

**Цель исследования** металлографический анализ, основание: служебная записка о проведении сравнительных испытаний двухступенчатого редуктора, исх. № 17-17300-1-71 от 17.04.2019 г., вх. № 148 от 24.05.2019 г.

**Требования чертежа-аналога ТМ.202.00.01.001:**

1 Материал: Сталь 20ХН3А ГОСТ 4543-2016.

2 Цементировать h 1,2...1,8 мм; твердость поверхностей зубьев 58...62 HRC.

Твердость сердцевины 28...32 HRC.

Исследования проводились при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха - 21°C;
- влажность воздуха - 49%;
- атмосферное давление – 754 мм.рт.ст.

На исследование представлен фрагмент детали редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5 после испытаний на долговечность. Долговечность редуктора укомплектованного шестернями с эвольвентным зубчатым зацеплением составила 6 часов.

**1 Внешний осмотр**

На исследование представлен фрагмент детали, в соответствии с рисунком 1.1.



Рисунок 1.1 – Внешний вид фрагмента детали.

## 2 Химический анализ

Химический состав металла детали определялся по ГОСТ Р 54153-2010 на эмиссионном спектрометре «SPECTROMAXx», зав. № 12003985, свидетельство поверки прибора № 5489 от 05.09.2018 г., действительно до 04.09.2020 г.

Результаты химического анализа материала детали в процентах представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Содержание элементов, %									Установленная марка стали
C	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	P	18ХГТ ГОСТ 4543-2016
0,18	0,018	0,30	0,84	1,04	0,08	0,22	0,03	0,017	
Примечание. Протокол № 345 от 31.05.2019 г.									

## 3 Твердость

Измерения твердости детали проводились по методу Роквелла ГОСТ 9013-59 при нагрузке 150 кгс на приборе ТР 5006, зав. № 559, свидетельство о поверке прибора от 24.05.2019 г., действительно 12 месяцев.

Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 60 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 29 HRC.

## 4 Микроструктурный анализ

Исследование микроструктуры проводилось на микрошлифе, вырезанном в поперечном сечении относительно оси симметрии зуба детали.

При просмотре слаботравленного шлифа в 0,4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте в структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелкоигольчатый мартенсит 4 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла СТП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.1.

Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит и феррит, в соответствии с рисунком 4.2.



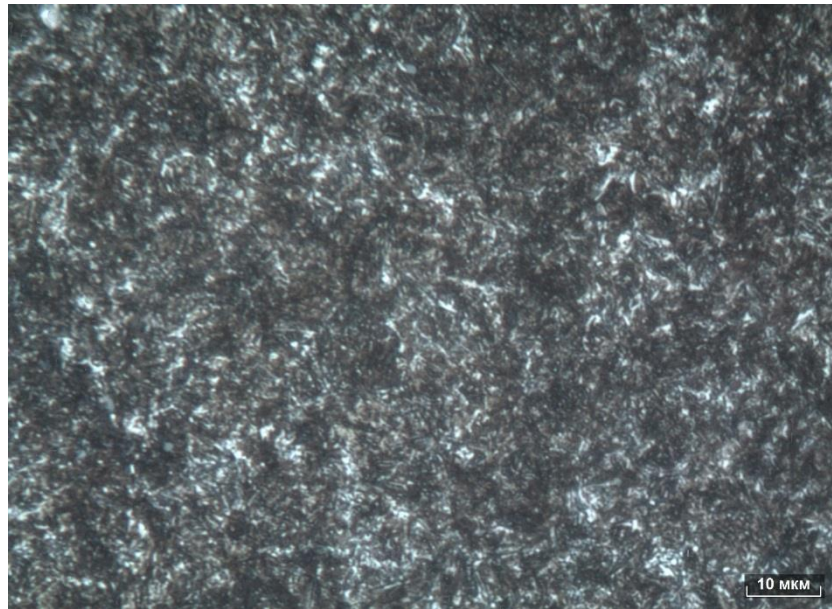


Рисунок 4.1 – Микроструктура цементованного слоя детали, x 1000.

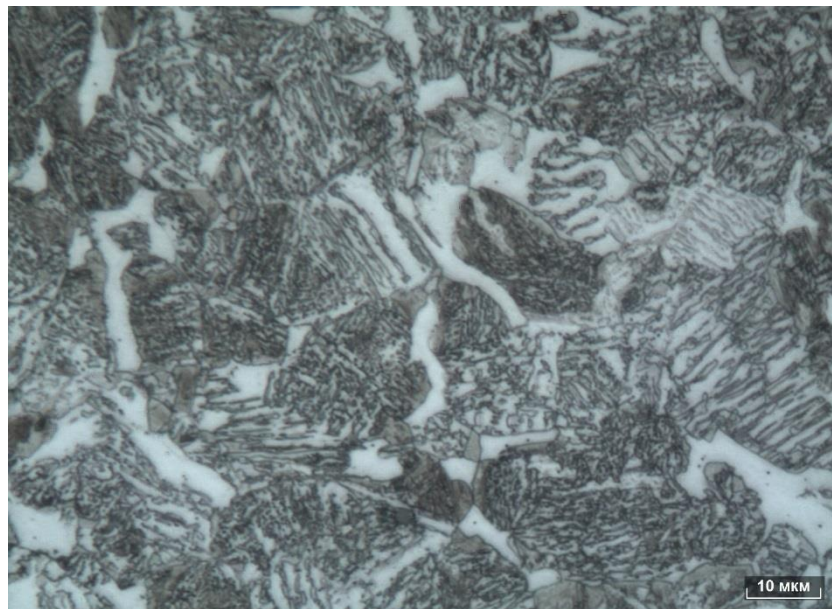


Рисунок 4.2 – Микроструктура сердцевины зуба детали, x 1000.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали измерялась по методу Виккерса ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 до эффективной условной твердости 550 HV 0,1 согласно требованиям СТП 37.104.1387-2017 на микротвердомере MicroMet 5104 при нагрузке 100 гс, зав. № 680-МП4-00338, свидетельство проверки прибора от 24.06.2019 г., действительно 12 месяцев.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 0,7 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 1,0 мм.

## 5 Заключение

5.1 Химический состав металла детали «Вал-шестерня» чертеж-аналог ТМ.202.00.01.001 соответствует стали марки 18ХГТ ГОСТ 4543-2016.

5.2 Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 60 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 29 HRC.

5.4 В структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

5.5 Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелко-игольчатый мартенсит 4 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла, что удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017.

5.6 Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит и феррит.

5.7 Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 0,7 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 1,0 мм.

Начальник ЛМ ТЦ  
33-82-94

Д.Р. Валиахметова

Исполнители:

А. Р. Исмагилова

Согласовано  
Главный специалист  
по исследованию металлов ТЦ

Г. Р. Исламова

Л.Т. Свистунова

**ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ  
ТЦ ПАО «КАМАЗ»  
ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ № 250  
от « 30 » июля 2019 г.**

**Заказчик** НТЦ, главный специалист зубчатых передач и спецагрегатов – руководитель группы Р.И. Гарипов

**Предмет исследования** «Колесо первой ступени» чертеж-аналог  
ТМ.202.00.01.002

**Цель исследования** металлографический анализ, основание: служебная записка о проведении сравнительных испытаний двухступенчатого редуктора, исх. № 17-17300-1-71 от 17.04.2019 г., вх. № 148 от 24.05.2019 г.

**Требования чертежа-аналога ТМ.202.00.01.002:**

- 1 Материал: Сталь 20ХН3А ГОСТ 4543-2016.
- 2 Цементировать h 1,2...1,8 мм; твердость поверхностей зубьев 58...62 HRC. Твердость сердцевины 28...32 HRC.

Исследования проводились при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха - 22°C;
- влажность воздуха - 46 %;
- атмосферное давление – 750 мм.рт.ст.

На исследование представлена деталь редуктора двухступенчатого 5Ц2-125-12,5 после испытаний на долговечность. Долговечность редуктора укомплектованного шестернями с эвольвентным зубчатым зацеплением составила 6 часов.

**1 Внешний осмотр**

На исследование представлена деталь, в соответствии с рисунком 1.1. Разрушение детали произошло в виде скола несколько зубьев, в соответствии с рисунком 1.2. Очаги разрушения расположены по галтели зубьев детали.



Рисунок 1.1 – Внешний вид детали.

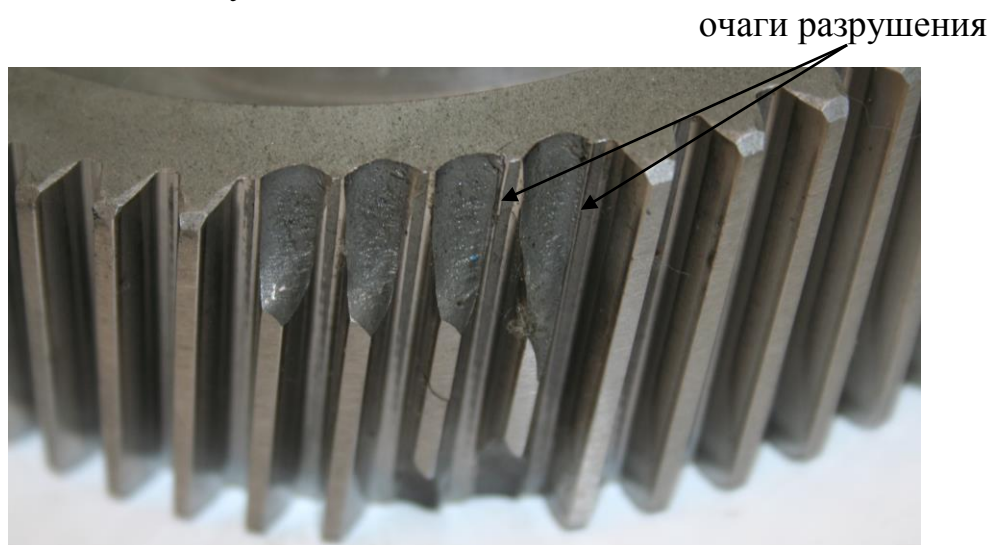


Рисунок 1.2 – Поверхности излома зубьев разрушенной детали.

## 2 Химический анализ

Химический состав металла детали определялся по ГОСТ Р 54153-2010 на эмиссионном спектрометре «SPECTROMAX», зав. № 12003985, свидетельство поверки прибора № 5489 от 05.09.2018 г., действительно до 04.09.2020 г.

Результаты химического анализа материала детали в процентах представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Содержание элементов, %									Установленная марка стали
C	S	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Cu	P	25ХГТ ГОСТ 4543-2016
0,26	0,024	0,33	0,91	1,16	0,07	0,08	0,23	0,019	
Примечание. Протокол № 355 от 10.06.2019 г.									

### 3 Твердость

Измерения твердости детали проводились по методу Роквелла ГОСТ 9013-59 при нагрузке 150 кгс на приборе ТР 5006, зав. № 559, свидетельство о поверке прибора от 24.05.2019 г., действительно 12 месяцев.

Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 60 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 51 HRC;
- у основания зуба – 45 HRC.

### 4 Микроструктурный анализ

Исследование микроструктуры проводилось на микрошлифе, вырезанном в поперечном сечении относительно оси симметрии зуба детали.

При просмотре слаботравленного шлифа в 0,4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте в структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелко-игольчатый мартенсит 4 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла СТП 37.104.1387-2017, в соответствии с рисунком 4.1.

Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит, в соответствии с рисунком 4.2.



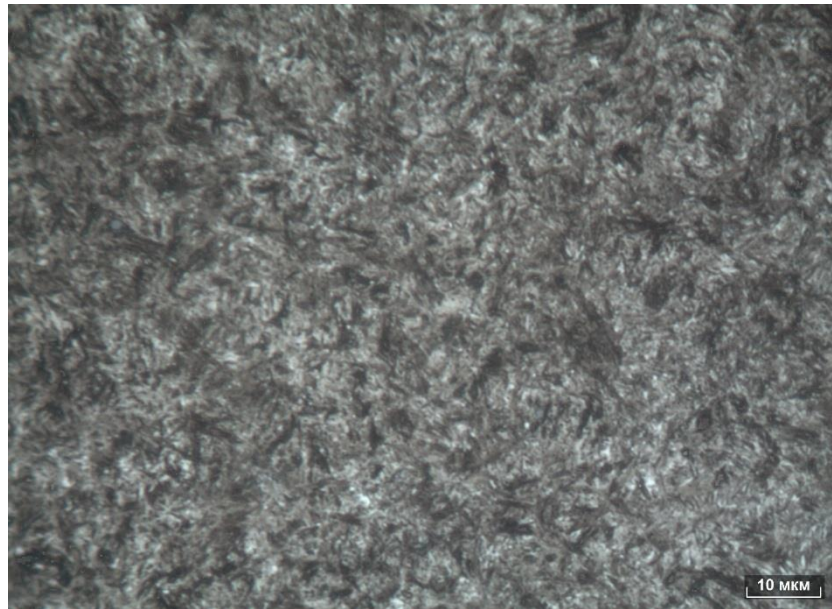


Рисунок 4.1 – Микроструктура цементованного слоя детали, х 1000.



Рисунок 4.2 – Микроструктура сердцевины зуба детали, х 1000.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали измерялась по методу Виккерса ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 до эффективной условной микротвердости 550 HV 0,1 согласно требованиям СПП 37.104.1387-2017 на микротвердометре MicroMet 5104 при нагрузке 100 гс, зав. № 680-МПТ4-00338, свидетельство поверки прибора от 24.06.2019 г., действительно 12 месяцев.

Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,2 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 1,7 мм.

## 5 Заключение

5.1 Химический состав металла детали «Колесо первой ступени» чертеж-аналог ТМ.202.00.01.002 соответствует стали марки 25ХГТ ГОСТ 4543-2016.

5.2 Твердость детали составляет:

- по вершине зуба – 60 HRC;
- в сердцевине на 2/3 от вершины зуба – 51 HRC.

5.3 В структуре поверхностного цементованного слоя по рабочей поверхности и галтели зуба детали наличия трооститной сетки и полосы не выявлено.

5.4 Микроструктура цементованного слоя детали представляет собой мелкоигльчатый мартенсит 4 балла ГОСТ 8233-56 и остаточный аустенит 1 балла, что удовлетворяет требованиям СТП 37.104.1387-2017.

5.5 Микроструктура сердцевины зуба детали представляет собой малоуглеродистый мартенсит.

5.6 Толщина поверхностного цементованного слоя детали составляет:

- по галтели зуба – 1,2 мм;
- по рабочей поверхности зуба – 1,7 мм.

Начальник ЛМ ТЦ  
33-82-94



Д.Р. Валиахметова

Исполнители:



А. Р. Исмагилова

Согласовано  
Главный специалист  
по исследованию металлов ТЦ




Г. Р. Исламова



Л.Т. Свистунова

**УТВЕРЖДАЮ**


Главный конструктор ПАО «КАМАЗ»  
- директор НИЦ

  
\_\_\_\_\_ Д.Х. Валеев  
подпись \_\_\_\_\_ расшифровка подписи  
« 03 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 20 18 г.

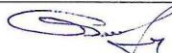
**СЛУЖЕБНАЯ ЗАПИСКА** от 03.10.18 №17450-291

[О проведении сравнительных испытаний  
двухступенчатого редуктора]

1. Директору ОПШ НИЦ:

Выполнить:	Получить двухступенчатый редуктор Ц2-125 с ЭЦ-шестернями и комплект эвольвентных шестерен (4 шестерни) от ЗАО «Технология маркет». После проведения испытаний заменить комплект ЭЦ-шестерен на комплект эвольвентных шестерен.
Срок:	25.09.2018 г.
Затраты отнести:	На пункт 1.19.1.8 плана НИОКР-2018, ШПЗ 570-1.19.1.8-80. 

2. Главному конструктору по испытаниям:

Выполнить:	Разработать и подготовить оснастку для проведения стендовых испытаний.
Провести стендовые испытания:	Двухступенчатого редуктора Ц2-125 с ЭЦ-шестернями и эвольвентными шестернями по программе-методике ЗАО «Технология маркет». По результатам испытаний оформить отчет.
Срок:	15.12.2018 г.
Цель:	Измерить параметры вибрации, шума и температуры масла редуктора при различных режимах нагрузки.
Затраты отнести:	На пункт 1.19.1.22 плана НИОКР-2018, ШПЗ 570-1.19.1.22-60. 

Согласовано:

Руководитель проекта

Директор ОПШ НИЦ

Главный конструктор  
по испытаниям

Кинзин Р.Х., 6-05-45

  
\_\_\_\_\_ подпись  
  
\_\_\_\_\_ подпись  
  
\_\_\_\_\_ подпись

\_\_\_\_\_ С.В. Назаренко  
расшифровка подписи  
\_\_\_\_\_ А.В. Зорин  
расшифровка подписи  
\_\_\_\_\_ Р.Н. Гиниятуллин  
расшифровка подписи

