

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт *политехнический*  
Кафедра «*Машиностроение и материаловедение*»

Утверждено на заседании кафедры  
«Машиностроение и материаловедение»  
«30» января 2023 г., протокол № 6

Зав. кафедрой

  
А.В. Анцев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению курсовой работы**  
**по дисциплине (модулю)**

**«*Материаловедческая экспертиза причин отказов*»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**22.04.02 *Металлургия***

с направленностью (профилем)  
***Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов***

Форма обучения: *очная*

Идентификационный номер образовательной программы: 220402-01-22

Тула 2023 г.

**Разработчик методических указаний**

Маркова Галина Викторовна профессор, д.т.н., доцент  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



## ВВЕДЕНИЕ

Диплом об окончании технического вуза не может гарантировать успешного применения знаний, почерпнутых из учебников и лабораторной практики. Это тем более справедливо, так как проблемы реальных технических задач в силу своей сложности требуют использования комплекса знаний. Кроме того, они всегда нестандартны, а поэтому умение справиться с практическими задачами зависит в большой степени от интеллекта молодого инженера, от его способности оценить большое число противоречивых и скрытых факторов, от его умения и навыков делать простые оценочные вычисления, выделять главные и отбрасывать второстепенные причины, не относящиеся к делу.

Обычно умение решать нестандартные задачи, в том числе и экспертные, приходит с опытом работы. Однако при их решении существует ряд данных, без знания которых проблема в принципе не может быть решена. Кроме того, существует определенный рациональный алгоритм ситуации, который, если и не позволяет однозначно назвать причины повреждения или разрушения, то, по крайней мере, дает возможность достоверно отбросить маловероятные причины выхода из строя конструкции.

Анализ повреждений во многих случаях по существу можно назвать *технической криминалистикой* и также как в криминалистике здесь требуется тщательный сбор и анализ многих факторов, создающих в итоге мозаичную картину происшедшего разрушения.

Поскольку возникающие при разрушении проблемы обычно нестандартны, то не существует стандартного ответа на них во всех случаях жизни. Единственно, что нужно принять стандартным – это высокую ответственность за принятое решение и высокий личный профессионализм принимающего решение.

Курсовая работа по дисциплине «Материаловедческая экспертиза причин отказов» выполняется студентом в 2-ом семестре, после завершения изучения всех основных специальных курсов. Задание на КР выдается студенту в середине семестра, срок сдачи готовой работы – не позднее недели, предшествующей зачетной.

Предметом курсовой работы является самостоятельное определение причины отказов (разрушений) конкретных изделий.

Конкретная тема КР определяется преподавателем, но может быть предложена и студентом.

При выполнении курсовой работы рекомендуется пользоваться нормативно-технической документацией и специальной литературой [1-14]

## СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа должна включать в указанной последовательности следующие элементы:

- титульный лист;
- задание на КР
- основная часть;
- список использованных источников научно-технической информации.

*Титульный лист* курсовой работы оформляется согласно образцу, представленному в Приложении 1 к данным методическим указаниям.

*Задание на курсовую работу* представляет собой конкретную разрушенную деталь с известными обстоятельствами разрушения. Возможно установление причин технологических отказов. Образцы для выполнения КР выдаются преподавателем, либо могут быть предложены студентом.

*Основная часть КР.* Исследование причин разрушения детали включает в себя следующие основные этапы, которые в зависимости от специфики решаемой задачи могут отличаться по объему и трудозатратам.

1. Оценка общего состояния подразумевает описание вида разрушения детали, определение нарушений нормального ритма работы, определение длительности службы детали, знакомство с дефектными ведомостями документацией на рекламации (акты, фотографии).

Состояние разрушенных и поврежденных деталей анализируется осмотром неочищенного излома сначала невооруженным глазом и при помощи лупы или бинокулярного микроскопа. После промывки, очистки и просушки излома проводится осмотр отдельных его участков при помощи лупы или бинокулярного микроскопа, фотографирование излома и отдельных его участков совместно с масштабной линейкой.

Важно тщательно изучить сломавшуюся деталь, оценить наличие причин и различных повреждений вблизи излома, установить связь имеющихся повреждений с предполагаемым началом разрушения. Трещины, повреждения, загнутые кромки, основные направления деформации, степень пластической деформации и направление действующих усилий могут служить признаком при определении начальных зон и направления разрушения. Тщательному осмотру должна подвергаться вся поверхность разрушения. Трещины, расположенные на поверхности не только вблизи, но и вдали от излома, могут помочь в выявлении хрупкого слоя, возникшего в результате наклепа, химико-термической обработки, действия агрессивных сред.

Часть из обнаруженных трещин необходимо вскрыть и изучить поверхность излома, часть использовать для металлографического анализа. Для выявления мелких трещин на поверхности детали можно воспользоваться травлением с последующим осмотром под лупой. При этом во избежание нарушения поверхности излома целесообразно контролировать излом, отрезав часть исследуемой детали после тщательного осмотра поверхности около излома.

Излом необходимо предохранять от механических повреждений и окисления: забитая, загрязненная или окисленная поверхность излома может быть непригодна для изучения. Наличие оксидов, следы затекшего масла, краски и т.п. на поверхности излома могут помочь определить границу трещины, дать информацию о пути и скорости распространения трещины.

2. Анализ технической документации включает анализ чертежей и технических условий, соответствие геометрических размеров чертежу, анализ сертификата на материал, анализ статистического материала аналогичных поломок.

3. Оценка характера разрушения предусматривает определение характера разрушения, определение очага разрушения, выяснение наличие концентраторов напряжений или других поверхностных дефектов, определение направления действия напряжений, оценку качества механической обработки. Характер разрушения можно оценить по расположению поверхности излома относительно направления действия сил и внешних контуров детали. Например, если поверхность излома вала расположена под углом  $45^\circ$  к его оси, то разрушение произошло от переменного кручения; если под углом, близким к  $90^\circ$ , - от однократного или повторного кручения при значительных перегрузках и от повторных изгибающих нагрузок. Такой излом вала может произойти от мгновенной остановки двигателя. Излом стержней, шпилек, труб, тяг от изгиба или растяжения происходит по плоскости, перпендикулярной к оси изделия.

Анализ условий работы необходим для оценки конструктивных, производственно-технологических и эксплуатационных факторов. Оценка конструктивных факторов важна в случае массовых поломок одних и тех же деталей, а также в случае поломки деталей опытных машин. Большими конструктивными недостатками могут быть концентраторы напряжений, неправильные зазоры, неудовлетворительная смазка и неправильный подбор материалов трущихся пар. Местом зарождения трещин могут быть выточки и сварные швы в наиболее нагруженных зонах детали. Дополнительные дефекты могут возникнуть во время ремонтных работ: направка материалом, не соответствующим условиям работы, трещины, вмятины, изменение размеров.

К дефектам механической обработки относятся: искажения геометрических размеров, формы детали, повреждения при ремонте, подрезы галтельных переходов, следы грубой механической обработки, задиры и трещины, шлифовочные трещины, ожоги и др.

4. Оценка качества материала детали включает количественный химический анализ, анализ макроструктуры и снятие (при необходимости) серного отпечатка, анализ микроструктуры и неметаллических включений, а также механические и технологические испытания (изгиб, осадка, свариваемость), оценку качества термической обработки.

В тех случаях, когда общая оценка качества металла не позволяет сделать выводы о причинах разрушения, используют количественный металлографический анализ, электронную микроскопию, локальный анализ структурных составляющих рентгеновским микроанализатором и т.д.

5. Окончательным этапом работы является расчетная и экспериментальная проверка условий разрушения. На основании анализа эксплуатационных нагрузок, состояния и свойств материала разрушенной детали рассчитывается прочность, определяются характеристики линейной механики разрушения и оценивается вероятность разрушения детали при расчетных нагрузках.

*Следует иметь в виду, что в зависимости от сложности поломки окончательное заключение о причинах поломки может быть сделано на различных этапах исследования анализа внешнего состояния, условий работы и излома детали, оценки качества материала, расчетов на прочность.*

## ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Курсовая работа оформляется по правилам составления отчета по научно-исследовательской работе с соблюдением всех требований, предъявляемых к подобным документам. Документом, устанавливающим требования к структуре и правилам оформления отчетов о НИР, является стандарт ГОСТ 7.32-91 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Перечень источников, содержащих требования и рекомендации по оформлению научно-технической документации, приведен в конце методических указаний [1-6].

Курсовая работа должна быть отпечатана в компьютерном исполнении на одной стороне листа белой бумаги формата А4 по ГОСТ 2.301-68 через полтора интервала. Левое поле должно иметь размер не менее 25 мм, правое - 15 мм. Верхнее и нижнее поля должны быть размером 20 мм. Текст курсового проекта желательно готовить в формате текстового редактора Word, выравнивание текста по ширине листа, красная строка - 1,5 см, гарнитура текста - Times Roman Cyr, размер шрифта - 12, через полтора интервала, перенос слов – автоматический. Построение кривых охлаждения и моделирование схемы структурообразования допускается выполнять карандашом. Объем курсовой работы - произвольный.

## ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Защита курсовой работы проходит после предварительного знакомства преподавателя с пояснительной запиской и включает краткий доклад (10 мин.) о выполненном задании перед комиссией.

Курсовая работа оценивается по 100-балльной системе. Количество баллов за курсовую работу складывается из следующих составляющих:

- содержание и объем работы, качество графической части работы (оценивается правильность решения) – 35 баллов;
- оценка рецензента – 5 баллов;

- качество доклада (оценивается последовательность, четкость изложения и аргументированность выводов) – 20 баллов;
- уровень защиты работы и ответов на вопросы (оценивается правильность и полнота ответов, степень ориентированности в материале) – 40 баллов.

Члены комиссии коллегиально оценивают каждую из составляющих. Итоговое количество баллов определяется суммой всех составляющих, которая переводится в дальнейшем в академическую оценку в соответствии с приведенной шкалой.

Академическая оценка (по 4-балльной системе)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Балльная оценка (по 100-балльной системе)	От 0 до 39 включительно	От 40 до 60 включительно	От 61 до 80 включительно	От 81 до 100 включительно

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фрактодиагностика разрушения металлических материалов и конструкций : учеб. пособие для вузов/ Г. В. Клевцов [и др.]; Оренбургский гос. ун-т; РАН, Ин-т металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова .— М. : МИСиС, 2007 .— 261 с.
2. Головин С.А. Физические основы пластической деформации. Учебное пособие: 2-ое изд., перераб. и дополн. – Изд-во ТулГУ, Тула,2004.-202 с.
3. Брандон, Д. Микроструктура материалов.Методы исследования и контроля: учеб. пособие / Д.Брандон, У.Каплан; пер.с англ.под ред.С.Л.Баженова, О.В.Егоровой .— М. : Техносфера, 2006 .— 384с.
4. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин.- М.: Высшая школа. - 1988.- 238 с
5. Херцберг Р.В. Деформация и механика разрушения конструкционных материалов. - М.:Металлургия.-1989, 576 с.
6. Контроль качества термической обработки стальных полуфабрикатов и деталей Справочник. Под ред. Кальнера В.Д.- М.:Машиностроение. –1984.- 364 с.
7. Ботвина Л.Р. Разрушение: кинетика, механизмы, общие закономерности / Л.Р.Ботвина; РАН, Ин-т металлургии и материаловедения им.А.А.Байкова; отв.ред.И.И.Новиков .— М. : Наука, 2008 .— 334с.
8. [Бокштейн, Б.С.](#) Металловедение и термическая обработка стали и чугуна : справочник:в 3 т. Т.1. Методы испытаний и исследования/Б.С.Бокштейн [и др.]/ под ред.:А.Г.Рахштадта,Л.М.Капуткиной,С.Д.Прокошкина,А.В.Супова — М.:Интернет Инжиниринг, 2004.— 688с.
9. Практическая металлография/Р.И.Малинина [и др.] –М.:Интернет Инжиниринг, 2002. – 240 с.
10. Дефекты структурообразования, возникающие при термической обработке. Атлас. Тихонова И.В., Фомичева Н.Б., Гвоздев А.Е., Афанаскин А.В., Родина В.В.- ТулГУ.:Тула,2002 - 101 с.
11. Колесник, П.А. Металловедение на автомобильном транспорте : учебник для вузов / П.А.Колесник,В.С.Кланица .— М. : Академия, 2005 .— 320с.
12. Степнов, М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний : справочник / М.Н.Степнов,А.В.Шаврин .— 2-е изд.,испр.и доп. — М. : Машиностроение, 2005 .— 400с.

13. Выбор материала для деталей машин : метод. пособие / И. В. Тихонова [и др.] ; под ред. Е. М. Гринберга ; ТулГУ, ТАИИ .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2010 .— 99 с.
14. Бернштейн М.Л. Металловедение и термическая обработка стали и чугуна I Т.2, Строение стали и чугуна/М.Л.Бернштейн [и др.]: справочник в 3 т. /Под ред.: А.Г.Рахштадта, Л.М.Капуткиной, С.Д.Прокошкина, А.В.Супова.- М. Интермет Инжиниринг, 2005.— 528 с.

*Образец титульного листа*

**Министерство образования и науки РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
Тульский государственный университет**

**Кафедра "Физика металлов и материаловедение"**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**по дисциплине**

**«Диагностика металлических материалов  
и технологических процессов»**

**на тему**

**«Установление причин разрушения штока масляного насоса»**

**Исполнитель:**

**студент гр.**

**И.И.Иванов**

(Подпись)

(Фамилия, И.О.)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Руководитель:**

**доцент (профессор)**

**П.П.Петров**

(Подпись)

(Фамилия, И.О.)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Тула - 20\_\_ г.**