

## **Паспорт расчетно-графического задания**

по дисциплине «Неразрушающий контроль и диагностика», 1 семестр

### **1. Методика оценки**

Задание на РГЗ включает разработку неразрушающего контроля и диагностики для контролируемого объекта (КО), представляющего собой: заготовки, детали, узлы и т. д., назначенного студенту из списка п. 3.

Структура РГЗ:

1. Анализ формы, материала и технологии изготовления КО.
2. Определение и классификация типов сопутствующих дефектов.
3. Оценка влияния дефектов на служебные свойства КО.
4. Выбор оптимального метода неразрушающего контроля.
5. Выбор прибора или аппаратного комплекса для контроля КО.
6. Разработка методики контроля.
7. Оценка производительности контроля.
8. Экономический раздел.
9. Выводы.

Оцениваемые позиции:

В процессе выполнения РГЗ студенту полагается провести обзор источников информации по своему варианту задания, в том числе ознакомиться со специализированными журналами и справочными изданиями. Рекомендуемый объем РГЗ составляет 20-25 стр. компьютерного набора на бумаге формата А4.

На титульном листе должны быть указаны:

- дисциплина;
- наименование темы РГЗ и номер варианта;
- реквизиты студента (ФИО, группа). Вторым листом прилагается содержание, где не более чем на двух уровнях (глава, параграф) перечисляются разделы с указанием страниц.

Брошюровка работы:

- книжная;

поля: сверху 2 см, слева 2,4 см, внизу 1,6 см, справа 1,6 см.

Шрифт набора текста 12-14 пунктов. Межстрочный интервал – одинарный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки могут быть сделаны вручную или отсканированы. Подрисуночная надпись должна располагаться под рисунком по центру. Нумерация рисунков сквозная. Обязателен список использованных источников (3-5 наименований), оформленный в соответствии с ГОСТ 7.1-2003, ГОСТ Р7.0.5-2008:

- фамилия автора и его инициалы;
- заглавие;
- выходные данные: место издания, издательство, год издания;
- количество страниц.

Оцениваются все структурные части РГЗ. Общая оценка качества выполнения РГЗ формируется в соответствии с нижеприведенными критериями.

### Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 0-19 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 20-25 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны, но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 26-33 балла.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет 34-40 баллов.

### 2. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 3. Примерный перечень тем РГЗ

#### Перечень контролируемых объектов.

1. Литые заготовки цилиндрической формы из сталей диаметром 20-50мм и длиной 2-5м.
  2. Стальные трубы диаметром 100-200мм с толщиной стенки 3-8мм.
  3. Дюралюминиевые листы толщиной 10-50мм.
  4. Титановые трубы диаметром 50-100мм с толщиной стенки 3-8мм.
  5. Стальные листы толщиной 2-5мм.
  6. Стыковой шов на листах из алюминиевых сплавов.
  7. Листовой материал из нержавеющей стали толщиной 2мм.
  8. Сварной шов свариваемых встык стальных труб диаметром 200-500мм с толщиной стенки 10-30мм с валиком усиления.
  9. Сварной шов таврового соединения стальных пластин.
  10. Литые изделия стаканообразной формы из стали диаметром 100-150мм и толщиной стенки 20-30мм.
  11. Литые корпуса снарядов из стали диаметром 100-150мм и толщиной стенки 20-30мм с диаметром отверстия 30мм.
  12. Лакокрасочные защитные покрытия на стальных трубах.
  13. Клеевые листы стеклопластика толщиной 2-3мм (2листа).
  14. Сотовые конструкции из стеклопластика.
  15. Изделия из композиционных материалов.
  16. Сварное соединение листового материала из стали внахлестку.
  17. Стальные трубы с толщиной стенки 3-6мм, изготовленные раскаткой.
  18. Цинковое гальваническое покрытие на стальных трубах.
  19. Механические свойства термообрабатываемых стальных изделий.
  20. Железнодорожные рельсы в процессе эксплуатации.
  21. Лопатки турбин авиадвигателей (нерж.сталь).
  22. Герметичные оболочки химического машиностроения.
  23. Сосуды высокого давления.
  24. Сварные швы алюминиевых сплавов. Пластины толщиной 15-30мм встык.
  25. Механические свойства материала изделий из высокоуглеродистых сталей.
  26. Трещины в колёсах вагонов ж/д транспорта.
- Приведены фрагменты оформления РГЗ.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ГДУ

Расчетно-графическое задание

по дисциплине «Неразрушающий контроль и диагностика»

Тема: «Неразрушающий контроль литых корпусов боеприпасов»

Выполнил:  
Факультет: ФЛА  
Группа: МА-01  
Студент: Черняев Е. А.

Преподаватель:  
Поляков Ю. О.

Новосибирск 2017

## Содержание

1. Геометрическая форма контролируемого объекта.....	2
2. Материал и технология изготовления .....	3
3. Классификация литейных дефектов .....	4
4. Анализ мест локализации дефектов .....	5
5. Выбор метода неразрушающего контроля .....	6
5.1 Магнитопорошковый метод .....	7
5.2 Феррозондовый метод .....	13
5.3 Ультразвуковой метод .....	18
5.4 Радиографический метод .....	21
5.5 Радиометрический метод .....	23
6. Разработка методики контроля .....	25
7. Экономический раздел .....	26
8. Список использованной литературы .....	27

Задание: разработать систему неразрушающего контроля литых корпусов снарядов из стали диаметром 100–150 мм с толщиной стенки 20–30 мм и диаметром отверстия 30 мм.

Решение:

1. Проанализируем форму, материал и технологию изготовления контролируемого объекта с учетом исходных заготовок.

Корпуса снарядов – полые осесимметричные тела, что позволяет упростить и автоматизировать процесс контроля путем вращения корпуса. Материал корпусов снарядов – углеродистая сталь С60, отличается от стали 60 тем, что имеет расширенные допуски по содержанию фосфора и серы. Для литья углеродистые стали подходят плохо, имеют низкую жикотекущность, дают большое количество дефектов и большую усадку (до 3% массы).

Технология изготовления – литье, характеризующееся определенным набором дефектов, связанных с усадкой металла при кристаллизации, неравномерностью кристаллизации и остывания.

2. На основе анализа пункта 1 определим характерные виды и размеры образующихся дефектов и их влияние на служебные свойства контролируемого объекта. На основе анализа технологических процессов изготовления контролируемого объекта определим наиболее вероятные места локализации дефектов.

ГОСТ 19200–80 определяет несколько классов дефектов отливок:

дефекты несоответствия геометрии, дефекты поверхности, несплошности в теле отливки, включения и несоответствия по структуре.

Дефекты поверхности, несоответствия геометрии и крупные открытые дефекты легко обнаруживаются внешним осмотром отливки; несоответствия по структуре в теле отливки не могут быть обнаружены неразрушающими методами контроля. Из несплошностей и включений в теле отливки к сталям относятся: горячие и холодные трещины, закрытые газовые и усадочные раковины, усадочные и газовые поры, неметаллические включения, ликвация, флокены. Сталь С60 имеет малую флокеночувствительность, поэтому этот дефект контролироваться не будет.

Рассмотрим наиболее возможные дефекты литья подробнее:

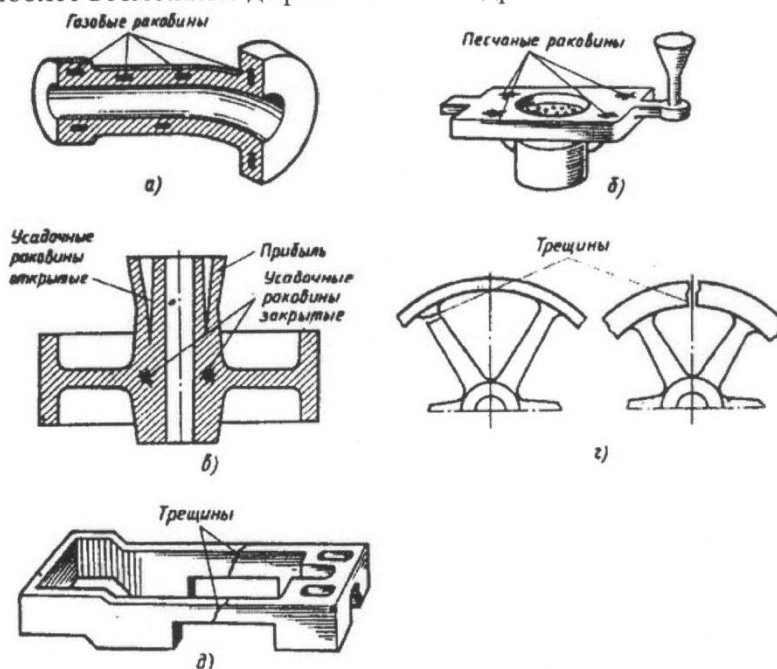


Рис. 1. Дефекты отливок

Газовые раковины и поры (рис. 1, а) — пузыри воздуха или газов, которые остались в теле отливки после ее кристаллизации в литейной форме.

Неметаллические включения (рис. 1, б) — чаще всего открытые, различной формы пустоты в теле отливки, частично или целиком заполненные формовочной смесью, материалом стержней или другими материалами.

Усадочные раковины (рис. 1, в) — открытые или закрытые полости в теле отливки, имеющие неровную внутреннюю поверхность. Они обычно образуются во время кристаллизации отливки в утолщенных ее местах. Образуются из-за наличия разницы между усадкой жидкого металла и усадкой кристаллизованного металла. Размер зависит от скорости охлаждения: чем быстрее, тем меньше усадочная раковина (раковины) и больше усадочных пор.

Усадочные поры (на рис. 1 не показаны) — закрытые полости в теле отливки, имеют на один-два порядка меньший размер, чем усадочные раковины. Образуются в отливках из сплавов с достаточной разницей между температурами начала и конца кристаллизации ( $\Delta T \approx 100^\circ\text{C}$  для стали С60).

Холодные трещины (рис. 1, г) — разрывы тела отливки, характеризующиеся небольшой шириной и значительной длиной, образующиеся в местах сочленения стенок с резким перепадом их толщин. Холодные трещины образуются в процессе формирования отливок в форме вследствие внутренних напряжений в металле; имеют неокисленную поверхность. Основной причиной образования холодных трещин является неодинаковая скорость охлаждения толстых и тонких мест отливок, приводящая к резким перепадам температур и образованию внутренних напряжений в отливке.

Горячие трещины (рис. 1, д) — разрывы тела отливки со значительной шириной и небольшой протяженностью. Они образуются в процессе кристаллизации отливки в форме при высоких температурах, а потому имеют темную окисленную поверхность. Горячие и холодные трещины отличаются лишь временем появления.

Расположение дефектов при литье связано с ориентацией литейной формы в пространстве. Для лучшего заполнения формы металлом, а также имея в виду необходимость закрепления стержня, расположим литейную форму так, чтобы снаряд оказывался "дном вверх".

При расположении литейной формы таким образом, что готовый снаряд оказывается "дном вверх", дефекты могут быть распределены так, как показано на рис. 2.

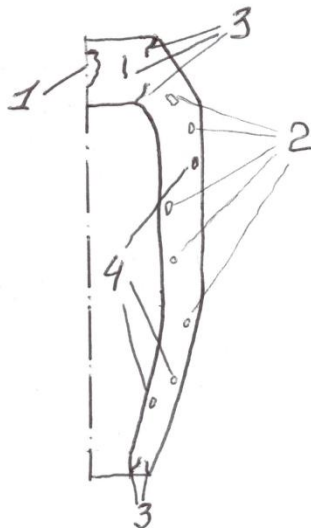


Рис. 2. Распределение дефектов в заготовке корпуса снаряда (1 — усадочные раковины, 2 — газопористость, 3 — трещины, 4 — неметаллические включения)

Характерные размеры и расположение этих дефектов в отливке корпуса снаряда таковы:  
— горячие трещины — ширина от 0,5 мм.  
— холодные трещины — ширина от 100 мкм.



Оба типа трещин образуются в зоне растягивающих напряжений и располагаются преимущественно в острых углах и других местах концентрации напряжений.

–газовые раковины – характерный размер от 1 мм, могут быть разбросаны по всему объему заготовки.

–усадочные раковины – характерный размер от 1 мм, расположение – преимущественно в дне снаряда, вблизи его оси симметрии.

–газовые и усадочные поры – характерный размер от 100 мкм до единиц миллиметров, разбросаны по всему объему заготовки.

Усадочные поры концентрируются в местах отливки, к которым затруднено протекание жидкого металла. Для отливки типа корпуса снаряда и принятого расположения формы, вероятно повышенная концентрация усадочной пористости в оживальной части снаряда

3. Проанализируем пространственную ориентацию дефектов, их метрические характеристики и определим требуемый минимальный выявляемый дефект, если это возможно.

Минимальные размеры выявляемых дефектов, которые будут служить основанием для отбраковки, примем таковыми:

– характерный размер усадочной/газовой раковины/поры – 0,3 мм.

– ширина холодной/горячей трещины – 0,3 мм

– характерный размер неметаллического включения – 0,3 мм.

4. На основе физических свойств материала контролируемого объекта выберем методы контроля, чувствительные к данному типу дефектов.

После отбора осталось два типа дефектов: трещины, выходящие на поверхность и несплошности, включения и трещины в толще металла.

Предположим, что нам нужно обнаруживать оба типа дефектов одним методом.

Согласно табл.3 в [2], для контроля данных дефектов лучше всего подходят следующие группы методов: ультразвуковые и радиационные.

У вихретоковых и магнитных методов малая предельная глубина обнаружения [3] (стенка снаряда толщиной 20–30 мм, дно еще толще); радиоволновые методы не предназначены для металлов [3]; для электрических и тепловых методов у отливки слишком шероховатая поверхность [3]; капиллярные только для открытых трещин.

5. Проведем сопоставительный анализ выбранных методов контроля с учетом внедрения на производство, основываясь на следующих характеристиках методов: обеспечение 100% контроля, безопасность процесса контроля, производительность контроля, автоматизация контроля, наличие документального сопровождения.

При изготовлении снарядов чаще всего применяют технологии массового производства, притом снаряды являются высоконагруженными ответственными изделиями с малым коэффициентом запаса, поэтому критерии производительности, 100% контроля и автоматизации стоят на первом месте. По производительности радиационные методы существенно превосходят акустические: для радиационных методов не нужен физический контакт (тем более акустический) с контролируемым объектом, возможность регистрации излучения электронным датчиком и передачей результатов компьютеру позволяет решить проблему документирования, увеличить производительность и дает возможность автоматизировать процесс.

Акустические методы также поддаются автоматизации и сопряжению с компьютером, однако их производительность скорость перемещения ограничена размерами датчика и необходимостью поддержания акустического контакта с контролируемым объектом.

Теперь произведем выбор конкретного метода среди радиационных.

Должен осуществляться контроль дефектов в стенках и дне снаряда, поэтому логично поместить внутрь снаряда источник излучения, а детектор поместить снаружи и вращать снаряд, перемещая детектор.

Так как диаметр очка отливки составляет около 30 мм, то источник излучения должен быть малогабаритным. Лучше всего к данным условиям подходит радиометрический метод. Источником гамма-излучения будут радионуклиды, поскольку только их можно поместить в камеру снаряда – прочие источники гамма-излучения (бетатроны, рентгеновские трубки) имеют диаметр, значительно превышающий диаметр очка корпуса (около 30 мм). В качестве радионуклида выбираем  $\text{Co}^{60}$  в связи с его распространенностью и невысокой ценой.

В качестве установки для гамма-радиометрического контроля выбираем РД-30 РМ производства ОАО "НИИТФА" [4].

Ее характеристики таковы:

- диапазон толщин контролируемого объекта 20–100 мм по стали;
- допускает использование  $\text{Co}^{60}$  как источника гамма-излучения при его активности в пределах 15–50 Ки;
- потребляемая мощность не более 50 Вт
- относительная чувствительность не менее 1% от средней толщины при отношении сигнал/шум=3.

Физика метода [5]:

Гамма-излучение от источника, проходя через контролируемый объект, попадает на сцинтиляционный кристалл (рис. 3, 4), в некоторой степени при этом поглощаясь атомами контролируемого объекта и рассеиваясь на них. Сцинтиляционный кристалл – кристалл из материала, способного излучать видимый свет при поглощении ионизирующего излучения. Излучаемое количество фотонов приблизительно пропорционально поглощенной энергии, что позволяет судить о степени ослабления гамма-излучения после прохождения через контролируемый объект. В данной установке используется кристалл из CsI (Tl).

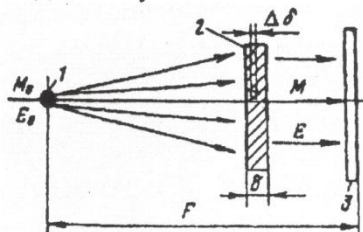


Рис. 3. Схема радиометрического контроля (1 – источник излучения, 2 – контролируемый объект, 3 – детектор)

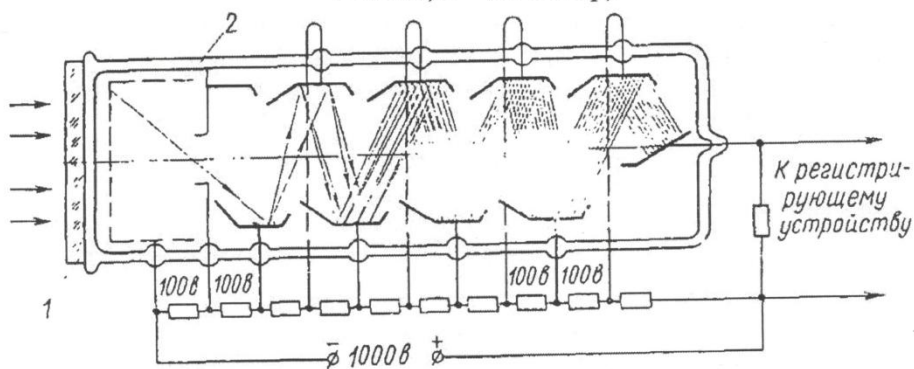


Рис. 4. Схема сцинтиляционного счетчика (1 – кристалл-сцинтиллятор, 2 – фотоэлектронный умножитель)

Излучаемые сцинтиляционным кристаллом фотоны попадают в фотоумножитель (рис.4), где они выбивают из пластин фотоэлектроны, которые, в свою очередь, выбивают



