

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра ракетных двигателей

**72-2019**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторно-практических работ  
по дисциплине «Технология изготовления деталей и сборка ЖРД»  
для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование  
авиационных и ракетных двигателей» (специализация  
«Проектирование жидкостных ракетных двигателей»)  
очной формы обучения

Воронеж 2019

УДК 621.9.06-529  
ББК

*Составители:* д-р техн. наук Г. А. Сухочев,  
А. М. Некрылов

Методические указания к выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине «Технология изготовления деталей и сборка ЖРД» для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Г. А. Сухочев, А. М. Некрылов. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. - 33 с.

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

В методических указаниях приводятся учебно-методические материалы для конструкторско-технологической отработки конструкций деталей и заготовок на нетехнологичных примерах, указана рекомендуемая литература.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ТИДиСБ.pdf, 2 Мб.

Ил. 39. Библиогр.: 9 назв.

**УДК 621.9.06-529**  
**ББК**

Рецензент - д-р техн. наук, профессор А. В. Кретинин

*Издается по решению учебно-методического совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы повышения прочностных и эксплуатационных свойств деталей машин, и машин в целом, за счет технологических приемов в настоящее время позволяет трактовать проблему технологичности конструкций в настоящее время значительно шире. Понятие технологичности конструкции: «под технологичностью конструкции следует понимать придание изделию такой конструктивной формы и применение таких материалов, которые обеспечивали бы, при условии выполнения машиной ее функций, наиболее простое, производительное, экономичное ее изготовление». При конструировании, выборе материалов и технологических процессов изготовления машины возможно и необходимо предусматривать наиболее рациональное решение трех групп задач технологичности конструкции. Первая группа – использование всех технологических возможностей и правильный подбор материалов, для того чтобы облегчить осуществление конструктивных параметров, определяемых назначением машины.

Создание многих видов машин разных категорий, особенно удачных по удельным показателям снижения веса их конструкций обеспечивается комбинированным применением процессов штамповки и сварки, а в мелких деталях – штамповки и высокотемпературной пайки или широкого использования пустотелых трубчатых, катаных профилей. Изготовление сложных форм ряда деталей, например, винтовых лопаток газовых турбин, может быть обеспечено путем применения прецизионного стального литья и электрических методов обработки.

Методические указания позволяют изучить методику отработки на технологичность конструкции изделий с целью повышения прочностных и эксплуатационных свойств деталей, а в итоге и изделий в целом, за счет использования прогрессивных технологий, том числе – комбинированных методов обработки.

# Лабораторно-практическая работа № 1

## КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ТИПОВЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

**Цель работы:** Изучение основных понятий технологичности конструкции литых изделий. Изучение методики отработки на технологичность конструкции изделий такого типа и дать конкретные предложения по ее повышению.

**Общая часть.** Типовые литые детали, представленные на (рис. 1.1-1.10), обладают определенной нетехнологичностью конструкции.

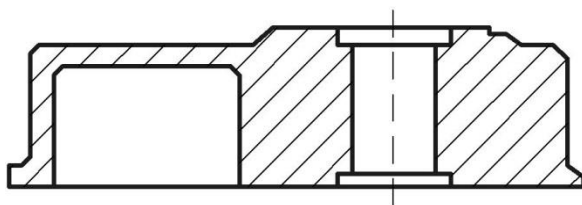


Рис. 1.1. Плита

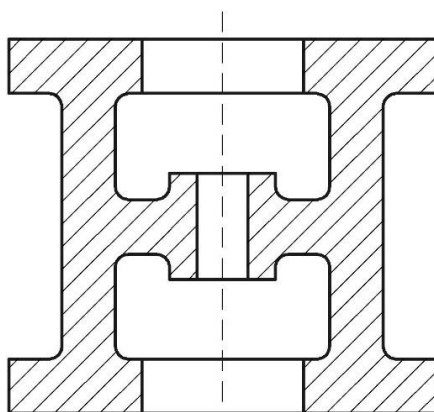


Рис. 1.2. Шкив

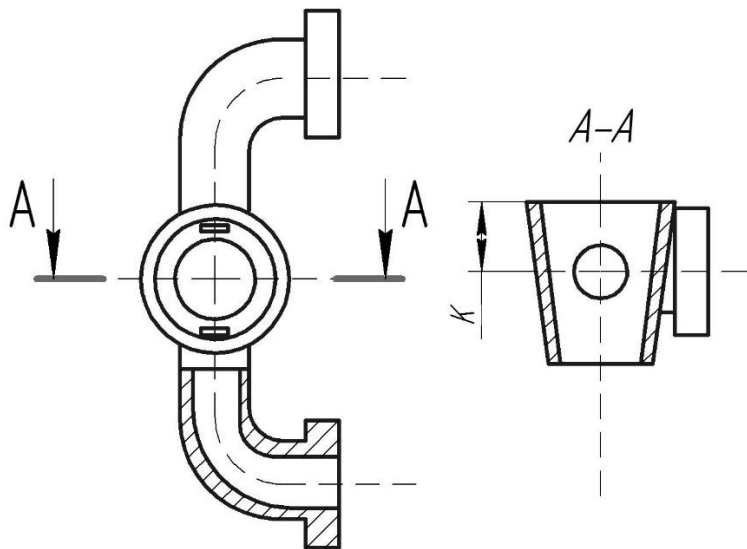


Рис. 1.3. Двусторонний кран

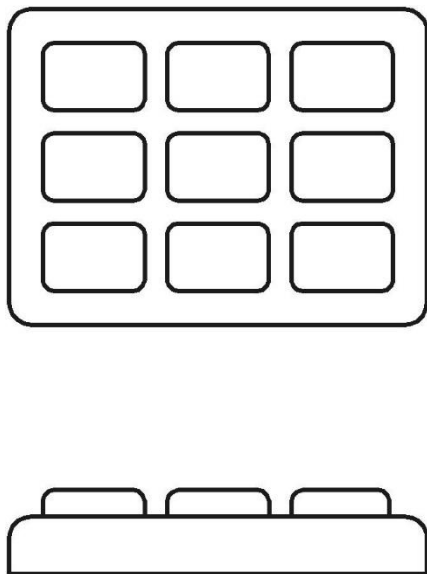


Рис. 1.4. Плита

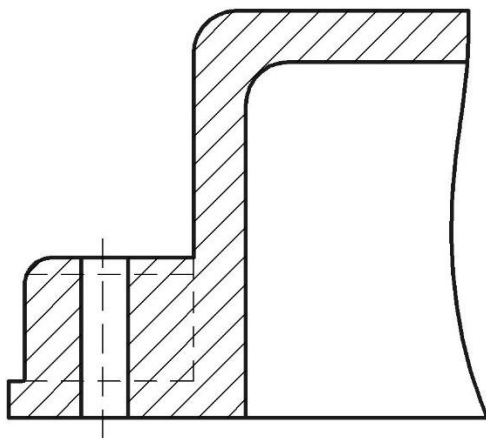


Рис. 1.5. Фланец

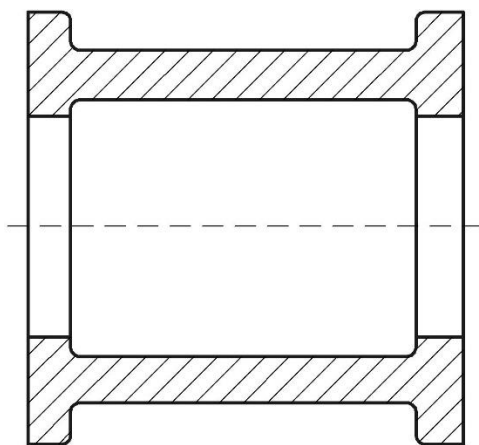


Рис. 1.6. Па трубок

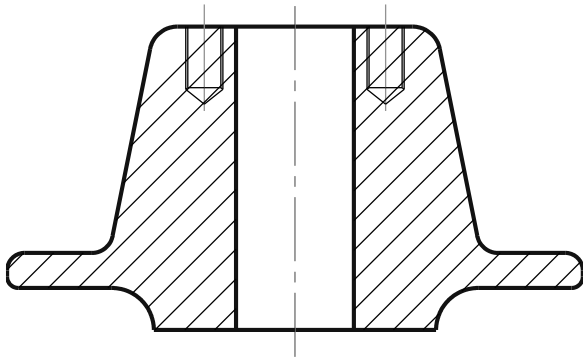
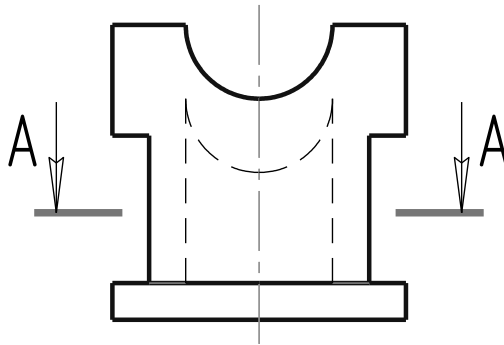


Рис. 1.7. Ступица с глухими отверстиями



A-A

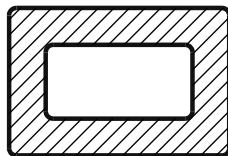


Рис. 1.8. Стойка

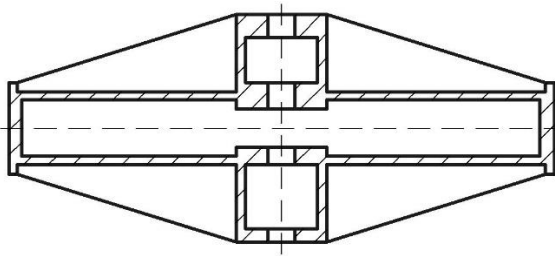


Рис. 1.9. Шкив

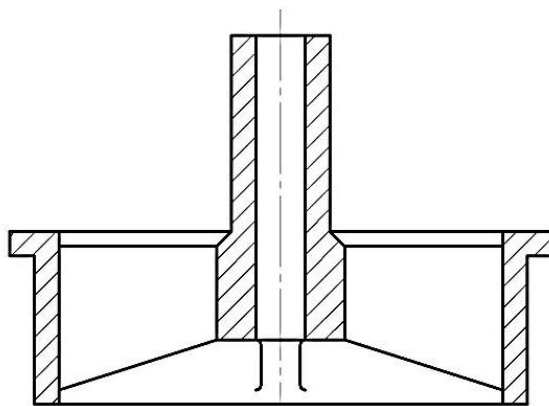


Рис. 1.10. Шкив вентиляторный

**Практическая часть.** Работа выполняется с помощью графических редакторов и прикладных программ типа КОМПАС. Провести качественную оценку технологичности конструкции, по рисункам из общей части, указанным преподавателем. Дать конкретные предложения (в виде рисунков с пояснениями) по изменению конструкции или смене метода обработки. Обосновать целесообразность и возможность использования прогрессивных технологий, том числе – комбинированных методов обработки.

Пример

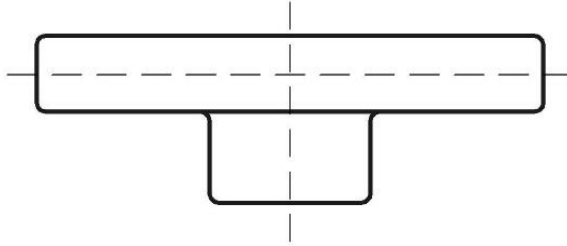
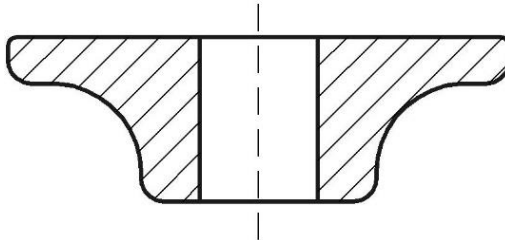


Рис. 1.11. Маховичёк

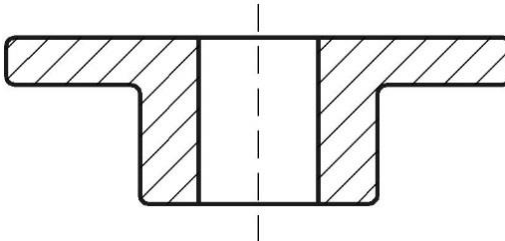
Нетехнологичность данной заготовки заключается в следующем: 1) нет формовочных уклонов для беспрепятственного извлечения из формы; 2) большой объем последующей механической обработки.

Варианты:

1. Изготавливаем литьем. Преимущества: 1) уменьшается объем последующей механической обработки; 2) есть формовочные уклоны.



2. Изготавливаем штамповкой. Преимущества: 1) меньше расходуется материала; 2) получаются более точные размеры заготовки.



**Лабораторно-практическая работа № 2**  
**КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ**  
**ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ТИПОВЫХ**  
**ШТАМПОВАННЫХ ЗАГОТОВОК**  
**НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ**

**Цель работы:** Изучение основных понятий технологичности конструкции штампованных заготовок. Изучение методики отработки на технологичность конструкции изделий такого типа и дать конкретные предложения по ее повышению.

**Общая часть.** Типовые штампованные детали, представленные на (рис. 2.1-2.10), обладают определенной нетехнологичностью конструкции.

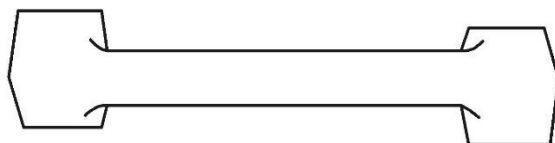


Рис. 2.1. Шатун

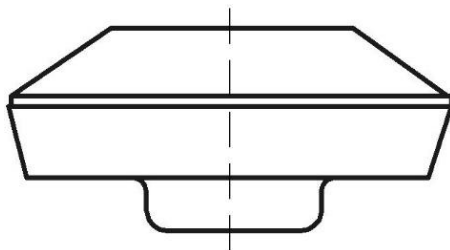


Рис. 2.2. Коническая шестерёнка

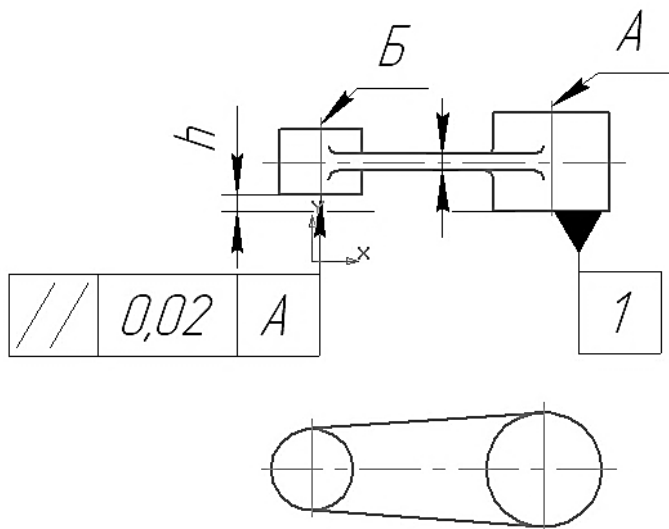


Рис. 2.3. Шатун

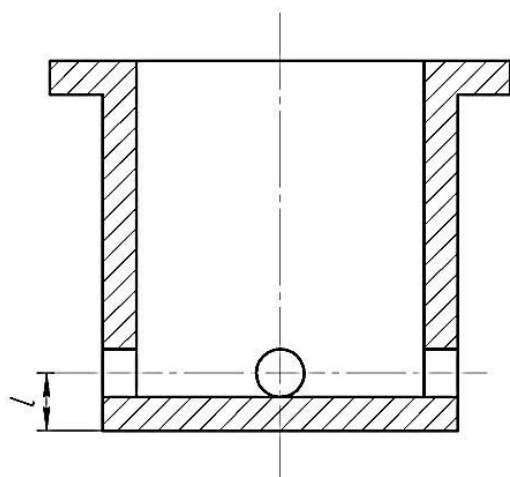


Рис. 2.4. Сосуд

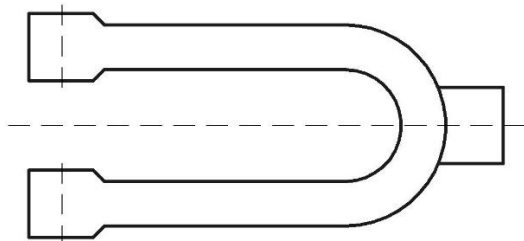


Рис. 2.5. Вилка

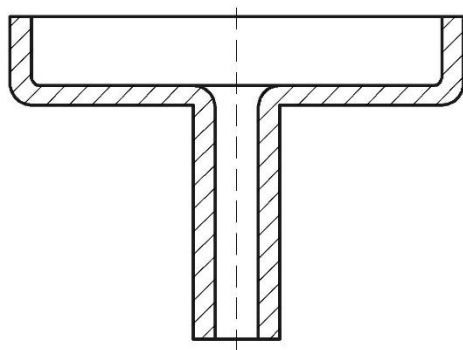


Рис. 2.6. Приемник

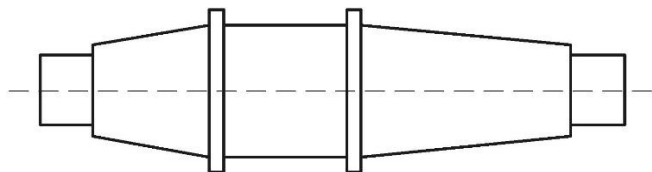


Рис. 2.7. Вал с буртиками

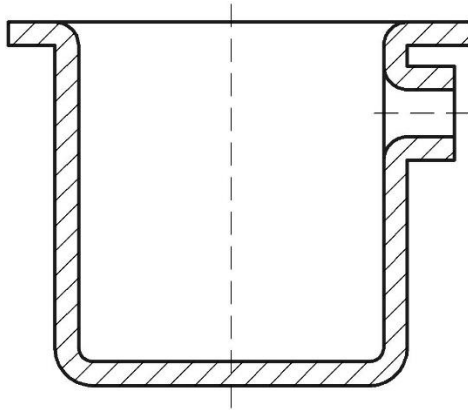


Рис. 1.8. Сосуд

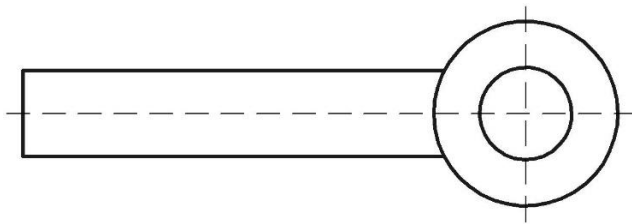


Рис. 2.9. Деталь

**Практическая часть.** Работа выполняется с помощью графических редакторов и прикладных программ типа КОМПАС. Провести качественную оценку технологичности конструкции, по рисункам из общей части, указанным преподавателем. Дать конкретные предложения (в виде рисунков с пояснениями) по изменению конструкции или смене метода обработки. Обосновать целесообразность и возможность использования прогрессивных технологий, том числе – комбинированных методов обработки.

Пример

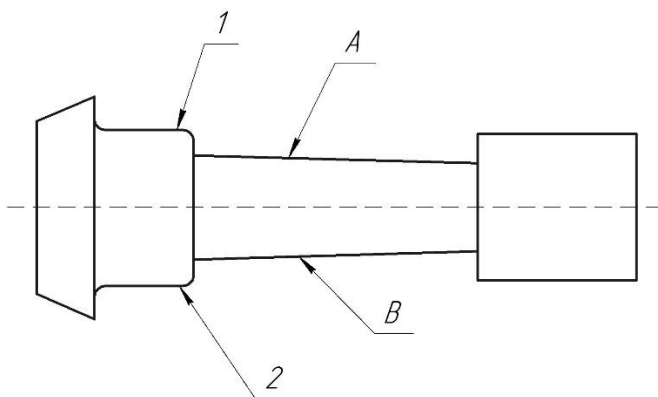


Рис. 2.10. Грибок

Нетехнологичность конструкции заготовки заключается в том, что будет трудно сразу получить поверхности А и В, а также торцы 1 и 2. Поэтому целесообразнее производить заготовки, показанные на рис. 2.11.

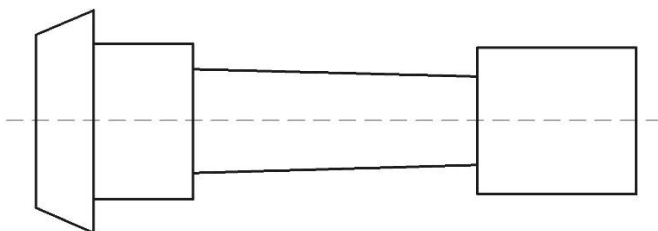


Рис. 2.11. Грибок технологичной конструкции

**Лабораторно-практическая работа № 3**  
**КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ**  
**ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ТИПОВЫХ СВАРНЫХ**  
**ЗАГОТОВОК НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ**

**Цель работы:** Изучение основных понятий технологичности конструкции сварных заготовок. Изучение методики отработки на технологичность конструкции изделий такого типа и дать конкретные предложения по ее повышению.

**Общая часть.** Типовые сварные заготовки, представленные на (рис. 3.1-3.10), обладают определенной нетехнологичностью конструкции.

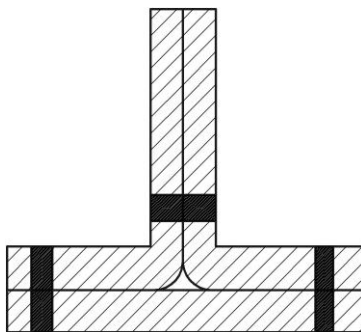


Рис. 3.1. Сварка тавра на точках

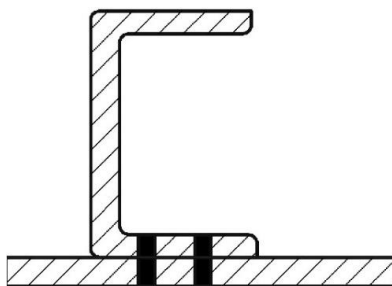


Рис. 3.2. Соединение швеллера с пластиной

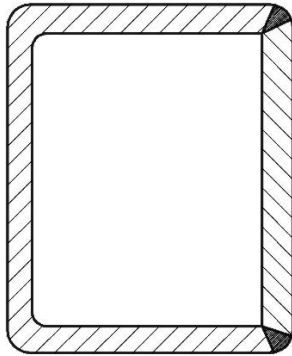


Рис. 3.3. Коробчатая балка

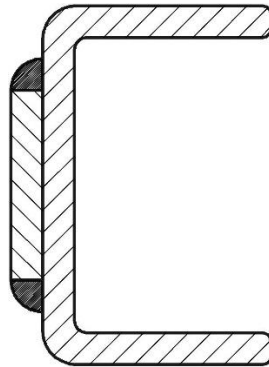


Рис. 3.4. Деталь с накладкой

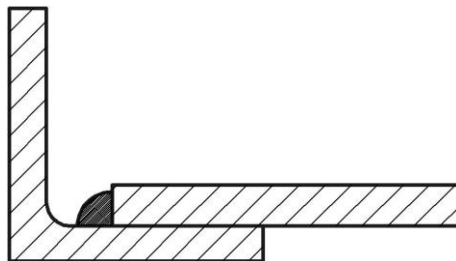


Рис. 3.5. Сварка угольника с полкой

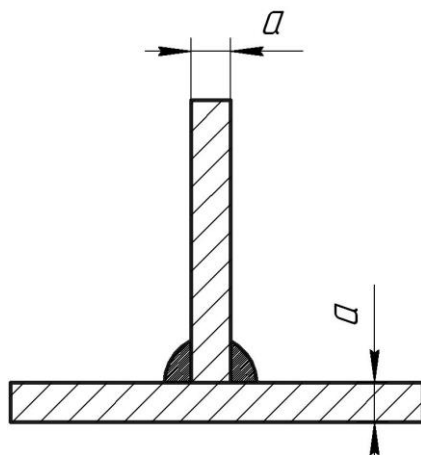


Рис. 3.6. Тавр сварной

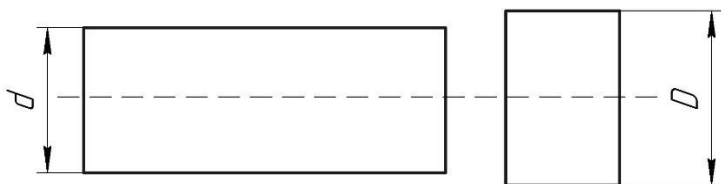


Рис. 3.7. Сварка стержня и муфты встык

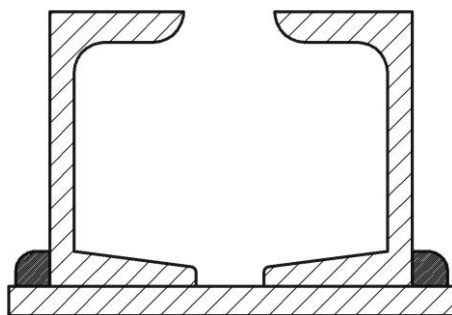


Рис. 3.8. Сварка балки

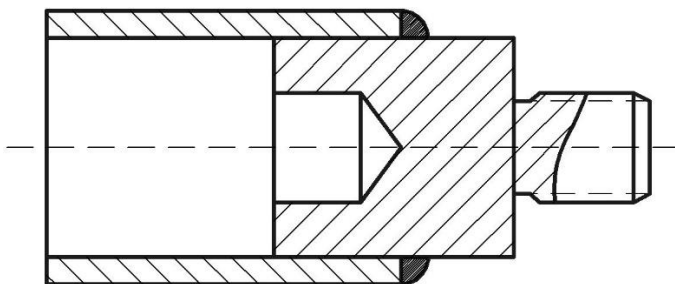


Рис. 3.9. Деталь тяги

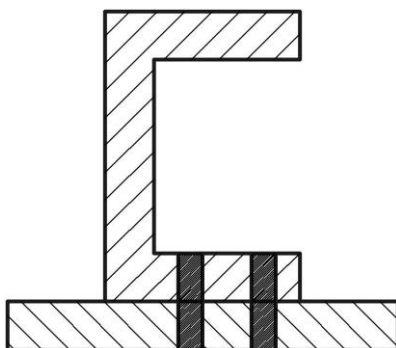


Рис. 3.10. Соединение точечной сваркой полки с коробкой

**Практическая часть.** Работа выполняется с помощью графических редакторов и прикладных программ типа КОМПАС. Провести качественную оценку технологичности конструкции, по рисункам из общей части, указанным преподавателем. Дать конкретные предложения (в виде рисунков с пояснениями) по изменению конструкции или смене метода обработки. Обосновать целесообразность и возможность использования прогрессивных технологий, том числе – комбинированных методов обработки.

## Пример

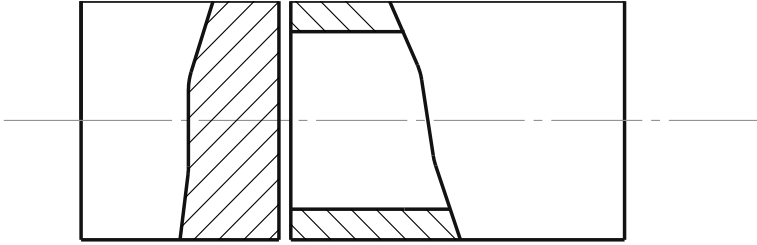


Рис. 3.11. Сварка трубы со стержнем встык

Сварку трубы со стержнем встык можно осуществить трением, вращая стержень и трубу в противоположные стороны. Сварка происходит на молекулярном уровне. Этот способ применим в случае, когда толщина стенки трубы более 5 мм.

Второй вариант сварки трубы со стержнем встык – полуавтоматическая или автоматическая сварка с предварительным разделением кромок (рис. 3.12).

Третий вариант – применение электронно-лучевой сварки. Применение этого способа значительно увеличивает стоимость процесса сварки в единичном производстве.

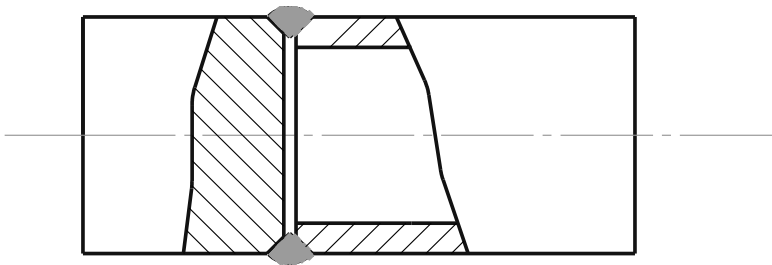


Рис. 3.12. Сварка трубы со стержнем встык с предварительной разделкой кромок

**Лабораторно-практическая работа № 4**  
**КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ**  
**ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ТИПОВЫХ**  
**МЕХАНИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ ЗАГОТОВОК**  
**НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ**

**Цель работы:** Изучение основных понятий технологичности конструкции заготовок, обработанных на станках. Изучение методики отработки на технологичность конструкции изделий такого типа и дать конкретные предложения по ее повышению.

**Общая часть.** Типовые заготовки, представленные на (рис. 4.1-4.10), обладают определенной нетехнологичностью конструкции.

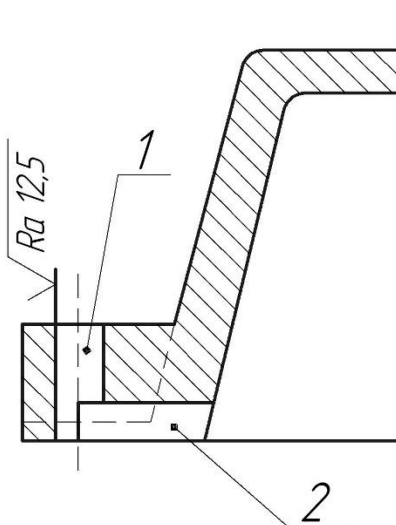


Рис. 4.1. Деталь фланец

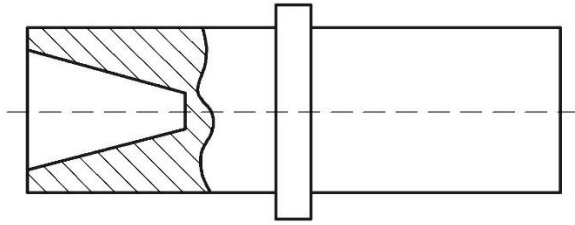


Рис. 4.2. Стержень

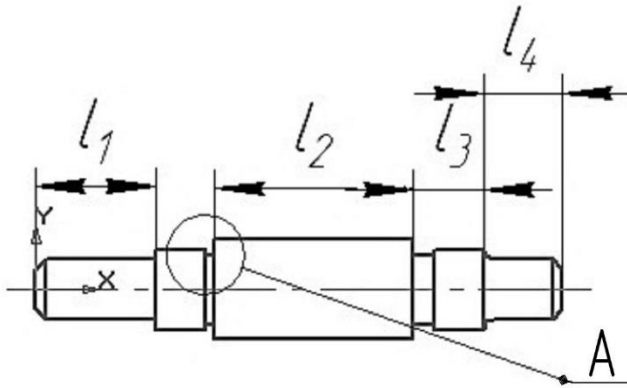


Рис. 4.3. Конструкция вала редуктора с различными длинами шеек

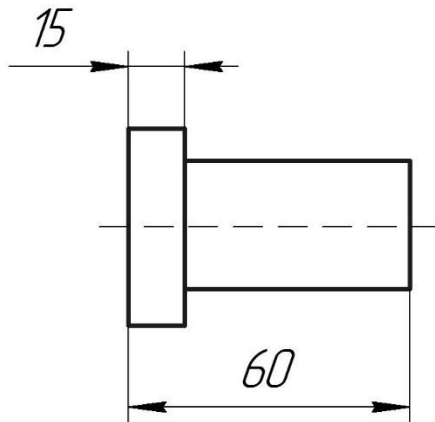


Рис. 4.4. Палец

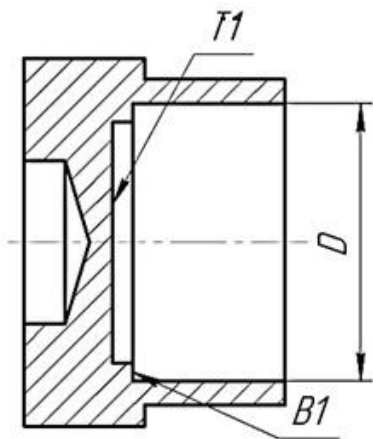


Рис. 4.5. Заглушка

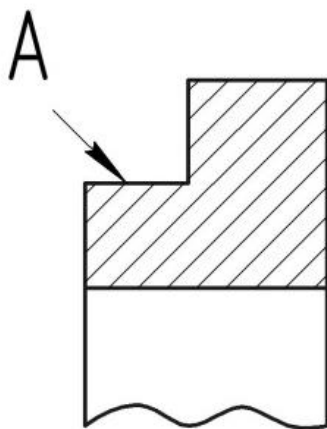


Рис. 4.6. Деталь зубчатого колеса

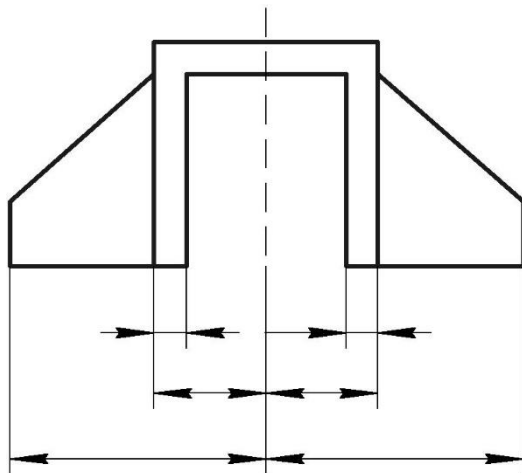


Рис. 4.7. Скоба

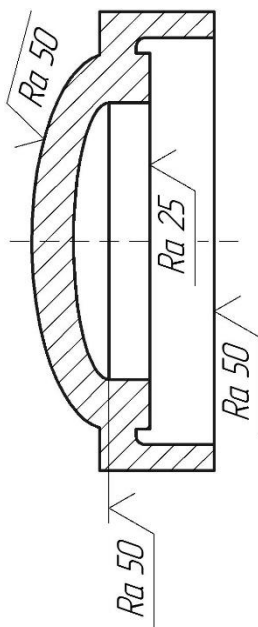


Рис. 4.8. Крышка

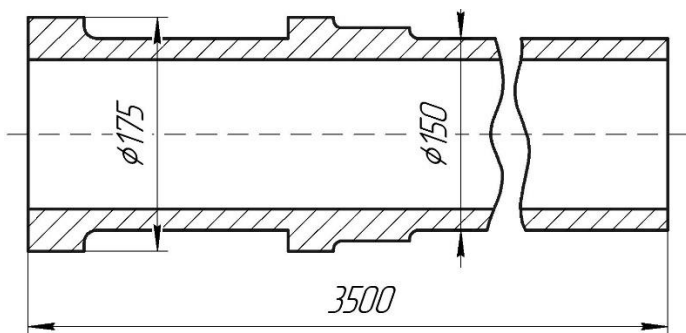


Рис. 4.9. Конструкция из цилиндра, изготавливаемого из поковки

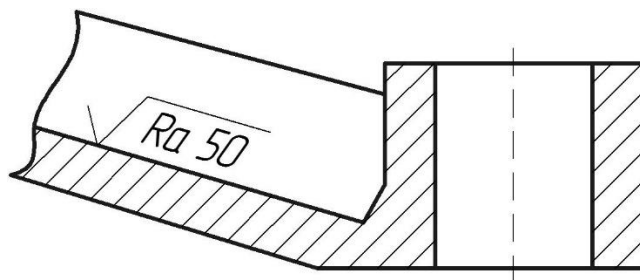


Рис. 4.10. Деталь ручки

**Практическая часть.** Работа выполняется с помощью графических редакторов и прикладных программ типа КОМПАС. Провести качественную оценку технологичности конструкции, по рисункам из общей части, указанным преподавателем. Дать конкретные предложения (в виде рисунков с пояснениями) по изменению конструкции или смене метода обработки. Обосновать целесообразность и возможность использования прогрессивных технологий, том числе комбинированных методов обработки.

Пример

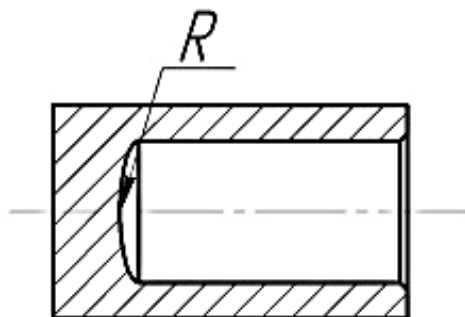
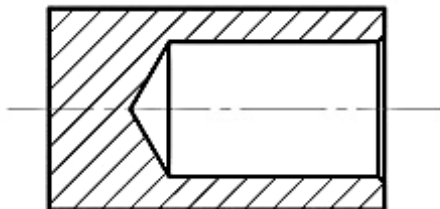


Рис. 4.11. Конструкция стакана

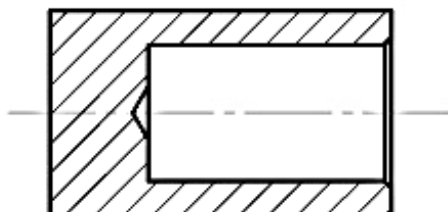
Нетехнологичность этой детали заключается в сложности и нерациональности изготовления поверхности с радиусом  $R$ .

В зависимости от размеров, предназначения и качества получаемой поверхности детали могут предложить следующие технологичные ее варианты:

Вариант 1



Вариант 2



## Лабораторно-практическая работа № 5 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ТИПОВЫХ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

**Цель работы:** Изучение основных понятий технологичности конструкции узлов и сборок. Изучение методики отработки на технологичность конструкции изделий такого типа и дать конкретные предложения по ее повышению.

**Общая часть.** Типовые заготовки, представленные на (рис. 5.1-5.10), обладают определенной нетехнологичностью конструкции.

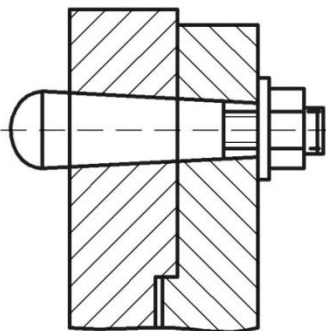


Рис. 5.1. Соединение клиновым болтом

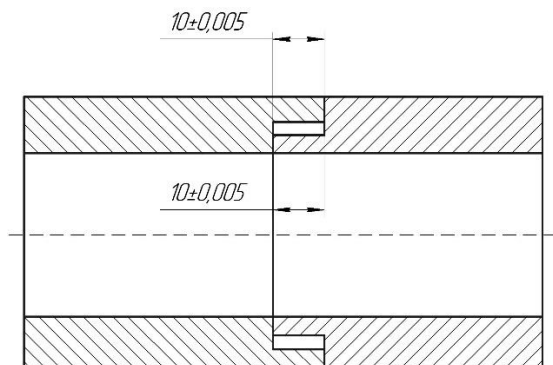


Рис. 5.2. Стык цилиндров

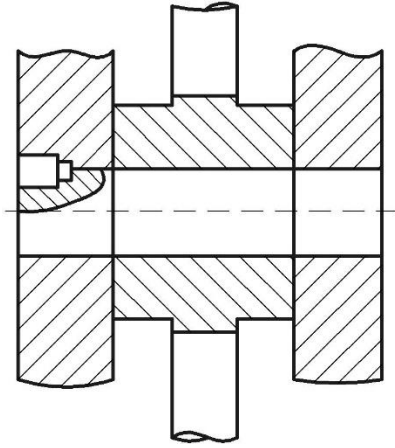


Рис. 5.3. Крепление пальца

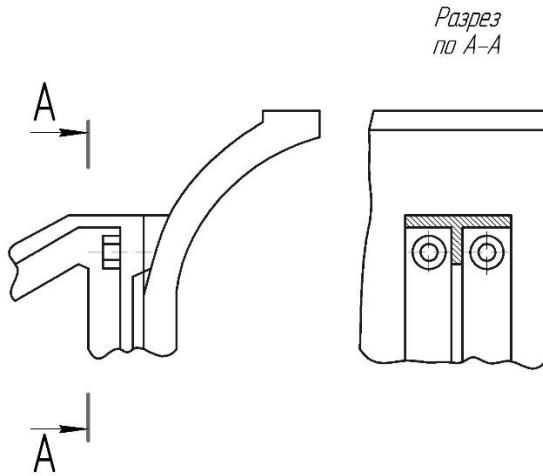


Рис. 5.4. Болтовое соединение

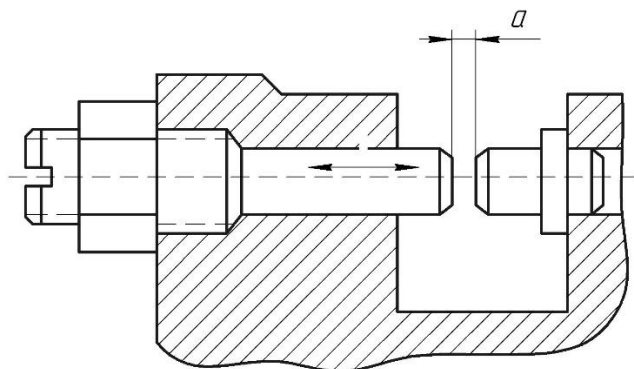


Рис. 5.5. Схема винтового компенсатора

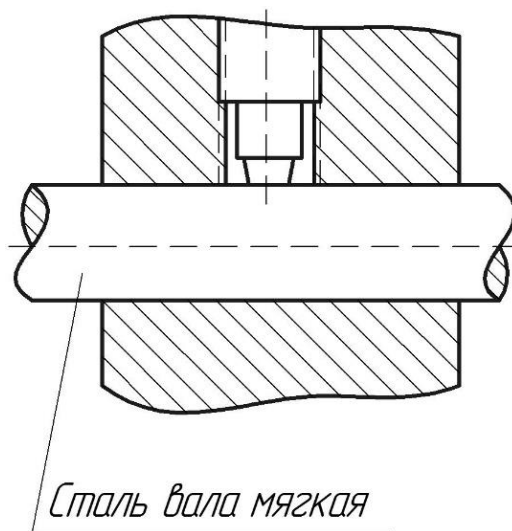


Рис. 5.6. Стопор

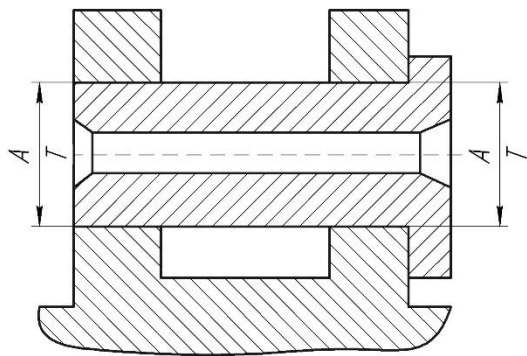


Рис. 5.7. Посадка пальца

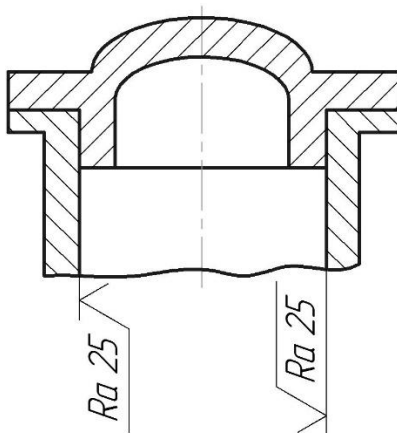


Рис. 5.8. Крышка

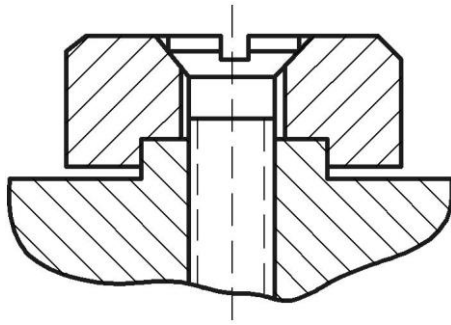


Рис. 5.9. Конструкция крепления шпонки

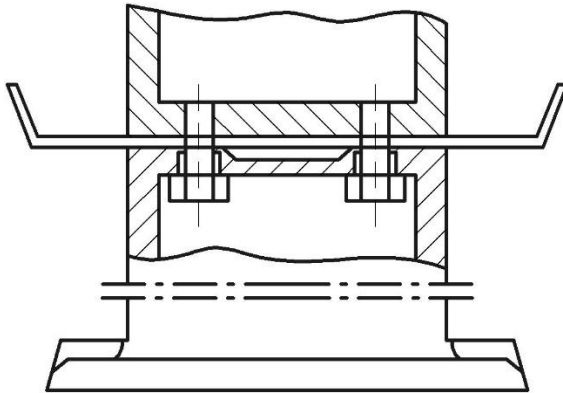


Рис. 5.10. Болтовое соединение станины

**Практическая часть.** Работа выполняется с помощью графических редакторов и прикладных программ типа КОМПАС. Провести качественную оценку технологичности конструкции, по рисункам из общей части, указанным преподавателем. Дать конкретные предложения (в виде рисунков с пояснениями) по изменению конструкции или смене метода обработки. Обосновать целесообразность и возможность использования прогрессивных технологий, том числе – комбинированных методов обработки.

## Пример

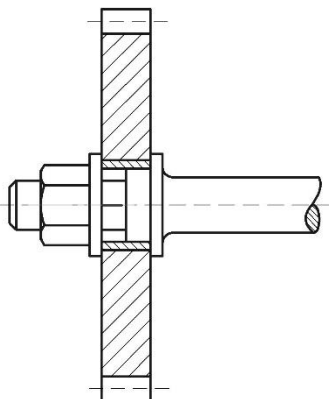


Рис. 5.11 Посадка зубчатого колеса

В данном узле нетехнологичным является то, что невозможно получить ширину зубчатого колеса равную ширине втулки. Для того, чтобы избежать сложности в их изготовлении, необходимо изменить размеры втулки. Если изготовить втулку большей ширины, чем ширина зубчатого колеса, то колесо будет проворачиваться. Таким образом, необходимо изготавливать втулку меньшей ширины (рис. 5.12).

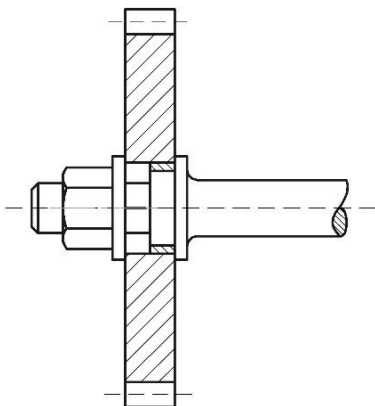


Рис. 5.12. Посадка с распорной втулкой меньшей ширины

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухочев Г.А. Управление качеством изделий, работающих в экстремальных условиях при нестационарных воздействиях / Г.А. Сухочев. М.: Машиностроение, 2004. 287 с.
2. Технологичность конструкции изделия: Справочник / Под общ. ред. Ю. Д. Амирова. - 2-е изд., перераб. и доп. М: Машиностроение, 1990. 768 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. М: Машиностроение-1, 2001. Т.1. 912 с.
4. Сухочев Г. А. Технология машиностроения. Проблемно ориентированное обеспечение производственной технологичности конструкций и изделий: учеб. пособие / Г.А. Сухочев, С.Н. Коденцев, Е.Г. Смольяникова. Воронеж: ВГТУ, 2015. 168 с.
5. Михельсон-Ткач В.Л. Повышение технологичности конструкций / В.Л. Михельсон-Ткач. М.: Машиностроение, 1988. 104 с.
6. Аверченков В.И. Автоматизация проектирования технологических процессов: учеб. пособие для вузов / В.И. Аверченков, Ю.М. Казаков. Брянск: БГТУ, 2004. 228 с.
7. Проектирование и моделирование промышленных изделий: Учеб. для вузов / под. ред. С.А. Васина, А.Ю. Та-лащук. – М.: Машиностроение-1, 2004. 692 с.
8. Сухочев Г.А. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий: учеб. пособие / Г.А. Сухочев, С.Н. Коденцев, Е.Г. Смольяникова. Воронеж: ВГТУ, 2013. 128 с.
9. Сухочев Г.А. Технология машиностроения. Наукоемкие технологии для повышения технологичности продукции многономенклатурного производства: учеб. пособие / Г. А. Сухочев, С. Н. Коденцев, Е. Г. Смольяникова. Воронеж: ВГТУ, 2013. 139 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Лабораторно-практическая работа № 1. Конструкторско-технологическая отработка конструкций типовых литых заготовок на технологичность .....	4
Лабораторно-практическая работа № 2. Конструкторско-технологическая отработка конструкций типовых штампованных заготовок на технологичность .....	10
Лабораторно-практическая работа № 3. Конструкторско-технологическая отработка конструкций типовых сварных заготовок на технологичность .....	15
Лабораторно-практическая работа № 4. Конструкторско-технологическая отработка конструкций типовых механически обработанных заготовок на технологичность .....	20
Лабораторно-практическая работа № 5. Конструкторско-технологическая отработка конструкций типовых сборочных единиц на технологичность .....	26
Библиографический список .....	32

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторно-практических работ  
по дисциплине «Технология изготовления деталей и сборка ЖРД»  
для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование  
авиационных и ракетных двигателей» (специализация  
«Проектирование жидкостных ракетных двигателей»)  
очной формы обучения

Составители  
Сухочев Геннадий Алексеевич  
Некрылов Андрей Михайлович

В авторской редакции

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический  
университет»  
396026 Воронеж, Московский просп., 14