

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Технология машиностроения»

В. К. Шелег  
Н. А. Сакович  
С. Э. Крайко

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Пособие

для студентов специальностей

1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»

1-37 01 02 «Автомобилестроение»

1-37 01 03 «Тракторостроение»

1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины»

1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск  
БНТУ  
2023

УДК 621.7/9:658.512(075.8)

ББК 34.5я7

Ш42

**Р е ц е н з е н т ы:**

кафедра «Материаловедения и технических систем»  
Белорусского государственного технологического университета,  
кандидат технических наук, доцент *Д. В. Куис*;  
Начальник отделения технологий машиностроения и металлургии –  
заведующий лабораторией наноструктурных и сверхтвердых  
материалов Объединенного института машиностроения  
НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор *В. И. Жорник*

**Шелег, В. К.**

Ш42 Проектирование технологических процессов механической обработки : пособие для студентов специальностей 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания», 1-37 01 02 «Автомобилестроение», 1-37 01 03 «Тракторостроение», 1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины», 1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт» / В. В. Шелег, Н. А. Сакович, С. Э. Крайко. – Минск : БНТУ, 2023. – 45 с. ISBN 978-985-583-867-9.

В пособии показана структура и приведено краткое содержание основных разделов курсового и дипломного проектов для студентов специальностей 1-37 01 01, 1-37 01 02, 1-37 01 03, 1-37 01 04, 1-37 01 05 в соответствии с типовым учебным планом по данным специальностям.

Цель пособия – предоставить обучающимся по данным специальностям помощь в выполнении курсового и дипломного проектов.

УДК 621.7/9:658.512(075.8)

ББК 34.5я7

ISBN 978-985-583-867-9

© Шелег В. К., Сакович Н. А.,  
Крайко С. Э., 2023

© Белорусский национальный  
технический университет, 2023

## Содержание

1. Задачи и тематика курсового и дипломного проектирования .....	4
2. Содержание и объем курсового проекта .....	6
3. Указания по оформлению курсового проекта .....	9
4. Содержание и объем технологической части дипломного проекта .....	11
Список использованных источников .....	13
Приложение 1 .....	14
Приложение 2 .....	16
Приложение 3 .....	44

# 1. ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Выполнение курсового проекта по технологии машиностроения является этапом подготовки инженеров, в процессе которого формируются теоретические знания студентов, а также приобретаются навыки самостоятельной работы для выполнения дипломного проекта.

Цель курсового проектирования – научить студентов разрабатывать технологические процессы на основе современных достижений науки и техники, а также заполнять технологическую документацию.

Темами курсовых проектов по технологии машиностроения являются технологические процессы изготовления деталей.

Подготовка к курсовому проектированию ведётся во время производственной практики, которая проводится на машиностроительных предприятиях в отделах главных технологов, технологических бюро цехов или непосредственно на участках механообработки изделий мелкосерийного или единичного производств. Допускается прохождение практики в научно-исследовательских лабораториях предприятий и БНТУ.

В период практики студент должен ознакомиться с историей и перспективой развития предприятия, выпускаемой продукцией. Для детали, выданной руководителем практики в качестве объекта курсового проектирования, изучается технологический процесс изготовления в производственных условиях, структура операции, применяемое оборудование. Также проводится анализ схем базирования детали на всех операциях и соответствия их принципам постоянства или совмещения баз. В заключении предлагаются конкретные способы совершенствования технологического процесса; возможности изменения методов обработки детали; возможность и целесообразность замены станков на более современные и высокопроизводительные, возможность концентрации и дифференциации операции, возможность применения прогрессивных режущих инструментов.

На основе анализа базового варианта технологического процесса и принятых изменений составляется маршрутный технологический процесс изготовления детали.

Основной задачей дипломного проектирования является демонстрация практических навыков, полученных студентами на лабора-

торных, практических занятиях. На основе оценки уровня технологической части дипломного проекта ведется проверка умения студента применять полученные знания по разработке и совершенствованию технологических процессов, основанных на последних достижениях науки и техники. Качество выполненной технологической части определяется глубиной технологических и конструкторских разработок и элементами новизны, внесенными в технологическую часть дипломного проекта.

За принятые в проекте технические решения, за правильность оформления чертежей и качество всех расчетов несет ответственность автор – студент.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Перечень разделов, подлежащих разработке в курсовом проекте, следующий:

Пояснительная записка:

Введение (цели и задачи проектирования, история завода, выпускаемая продукция, рассматриваемый объект проектирования).

1. Назначение и условия работы детали в сборочной единице (описание, чертеж сборочной единицы, таблица по химическому составу и физико-механические свойства материала).

2. Анализ технологичности конструкции детали (качественная и количественная оценка).

3. Выбор типа (определение  $K_{з,0}$ ) и организационной формы производства.

4. Описание способа получения заготовки по базовому варианту.

5. Анализ базового варианта технологического процесса с обоснованием замены оборудования на более современное и прогрессивное (описание).

6. Расчет режимов резания на одну проектируемую операцию (один переход) без составления сводной таблицы режимов резания по операциям.

7. Расчет технологической нормы времени на одну проектируемую операцию (один переход) без составления сводной таблицы нормирования по операциям.

8. Разработка маршрутного технологического процесса изготовления детали с учетом внесенных изменений.

Заключение (результаты проектирования, выводы по курсовому проектированию).

Литература (бумажные и электронные источники).

Графическая часть:

1. Чертеж детали – 0,5–1 лист.

2. Чертеж заготовки – 0,5–1 лист.

3. Операционные эскизы – 1 лист (4 эскиза).

Приложение:

1. Маршрутная карта Форма 1 ГОСТ 3.1118-82.

*Задание на проектирование и тематика проекта.* Задание на проектирование студенты получают от руководителей проекта в течение первой недели семестра, в котором выполняется проект. Темы

курсовых проектов могут носить характер технологических разработок как деталей существующего производства, так и деталей вновь проектируемых к производству.

Технологический процесс изготовления детали для курсового проектирования должен содержать не менее 10 операций (позиций) механической обработки.

*Введение.* Необходимо дать обоснование актуальности (необходимости и своевременности) разрабатываемой темы, ее значение для повышения эффективности производства, сформулировать основные задачи развития отрасли промышленности (объем 1–2 страницы).

*Выбор типа и организационной формы производства.* Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций:  $1 < K_{3,0} < 10$  – массовое и крупносерийное,  $10 < K_{3,0} < 20$  – среднесерийное,  $20 < K_{3,0} < 40$  – мелкосерийное производство. В единичном производстве  $K_{3,0}$  не регламентируется.

Значение  $K_{3,0}$  принимается для планового периода, равного одному месяцу, и определяется по формуле:

$$K_{3,0} = \frac{O}{P},$$

где  $O$  – число операций;

$P$  – число рабочих мест с различными операциями.

Если за рабочим местом закреплена только одна операция (независимо от загрузки), общее число операций равно числу рабочих мест  $P$ , тогда  $K_{3,0} = 1$  и производство является массовым.

Если за всеми или некоторыми рабочими местами закреплено более чем по одной операции, то  $K_{3,0} > 1$ , производство является серийным.

При малой загрузке оборудования его следует догружать аналогичными операциями по обработке других деталей.

Среднее значение нормативного коэффициента загрузки оборудования при двухсменной работе принимают: для массового производства – 0,65...0,75, для серийного – 0,75...0,85, для мелкосерийного – 0,8...0,9.

Число операций, закрепленных за одним рабочим местом, определяют по формуле:

$$O_{\text{р.м.}} = \frac{\eta_{\text{Н}}}{\eta_{\text{з}}},$$

где  $\eta_{\text{Н}}$  – нормативный коэффициент загрузки рабочего места;

$\eta_{\text{з}}$  – коэффициент загрузки рабочего места проектируемой операции.

Формы организации техпроцессов зависят от установленного порядка выполнения операций, расположения технологического оборудования и направления их движения.

Решение о целесообразности организации поточной формы производства принимают на основании сравнения заданного суточного выпуска изделий и расчетной суточной производительности поточной линии при двухсменной ее загрузке на 65–75 %.

При групповой форме запуск изделий производится партиями с определенной периодичностью, что является признаком серийного производства.

Количество деталей в партии определяют по формуле:

$$n = \frac{N_r \times a}{F},$$

где  $N_r$  – годовой выпуск деталей, шт.;

$a$  – периодичность запуска, дн.;

$F$  – число рабочих дней в году,  $F = 253$ .

Рекомендуемая периодичность запуска изделий приведена в учебных пособиях по проектированию техпроцессов механической обработки.

*Описание способа получения заготовки по базовому варианту.*

Способ получения заготовки принимается аналогичный существующему на предприятии. В этом случае рассчитывается стоимость получения заготовки по одному варианту.

*Анализ базового варианта технологического процесса с обоснованием замены оборудования на более современное и прогрессивное.*

Приводится описание соответствия плана обработки по операциям технологического процесса типовому технологическому процессу и указываются рекомендации по совершенствованию технологического процесса по замене оборудования на более новое и прогрессивное.

*Расчет режимов резания производится по указанию руководителя проекта для одной операции (перехода).*

*Определение норм времени.*

Для массового производства определяются нормы штучного времени, для серийного – норма штучно-калькуляционного времени.

Для одной операции по указанию руководителя производится подробный расчет нормы времени.

По классификаторам определяются коды профессии, тарифные ставки, по тарифно-калькуляционному справочнику устанавливают разряд работы, определяют коэффициент штучного времени, число рабочих и число одновременно обрабатываемых заготовок.

### **3. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Расчетная часть проекта оформляется в виде расчетно-пояснительной записки в объеме 30–40 страниц (без учета маршрутной карты технологического процесса). Оформление записки производится согласно ГОСТ 2.004, 2.105, 2.106, 7.103.

Расчетно-пояснительную записку выполняют с помощью печатающих и графических устройств (шрифт Times New Roman, размер шрифта 13–14 пунктов с междустрочным интервалом, позволяющим разместить  $40 \pm 3$  строки на странице). Разрешается исключать рамки и элементы оформления листов расчетно-пояснительной записки по ЕСКД.

*Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:*

1. Титульный лист.
2. Задание на дипломное проектирование.
3. Оглавление.
4. Реферат.
5. Ведомость объема проекта.
6. Введение.
7. Разделы пояснительной записки в соответствии с оглавлением.

8. Заключение.
9. Список использованных источников.
10. Маршрутная карта.
11. Приложение (результаты НИР и др.).

Страницы расчетно-пояснительной записки нумеруются арабскими цифрами, проставляемыми в правом нижнем углу. Первой страницей пояснительной записки курсового проекта является титульный лист. Номера страниц на титульном листе и на задании по дипломному проектированию с двух сторон листа не ставятся, но включаются в общую нумерацию страниц. В текст записки следует включить необходимый иллюстративный материал (рисунки, графики, таблицы) с подрисовочными подписями.

В тексте пояснительной записки необходимо делать ссылки на литературные источники.

Заключение пишут на отдельной странице. Слово ЗАКЛЮЧЕНИЕ записывают прописными буквами полужирным шрифтом по центру строки.

Список использованной литературы следует оформлять по ГОСТ 7.1, подзаголовок СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ записывают прописными буквами полужирным шрифтом по центру строки.

Комплект технологической документации состоит из маршрутной карты. Оформление маршрутных карт необходимо выполнить в соответствии с требованиями ЕСТД.

В графической части проекта выполняются операционные эскизы на 1 листе формата А1. Для оформления операционных эскизов лист формата А1 разбивают на 4 одинаковых прямоугольника при горизонтальном расположении листа.

В правом нижнем прямоугольнике (в правом нижнем углу) размещают угловой штамп. В прямоугольнике над угловым штампом. В остальных прямоугольниках в правом нижнем углу размещают таблицы.

В таблицах содержится информация о режимах резания и нормах времени на данной операции или переходе. В верхнем левом углу каждого прямоугольника помещают номера операции, позиции (если она есть) и перехода. Чертежи деталей на операционных эскизах изображаются без соблюдения масштаба. Соотношения размеров детали и режущего инструмента должны соблюдаться. На каждом

эскизе показывают деталь в том виде, который она приобретает после выполнения данной операции или перехода. Обрабатываемые на данном переходе поверхности вычерчиваются утолщенными линиями 2S. На детали проставляют те размеры и обозначения шероховатости обработанных поверхностей, которые получены после обработки детали на данной операции или переходе. Выдерживаемые размеры и технические условия на данном эскизе нумеруются по часовой стрелке, начиная с крайнего левого размера. Нумерация на каждом эскизе своя. Номер размера проставляют в окружности диаметром 6–8 мм и соединяют с размерной линией. Обозначения шероховатости должны соответствовать ГОСТ 2.789-73, ГОСТ 2.309-73. Для обозначения шероховатости используют параметр Ra. На детали показывают условные обозначения баз и сил зажима.

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Перечень разделов по технологической части дипломного проекта.

##### **Наименование раздела:**

Разработка маршрутного технологического процесса изготовления детали.

##### **Содержание раздела:**

1. Назначение и условие работы детали в сборочной единице (описание и таблицы по химическому составу и физико-математическим свойствам материала) – 2 страницы.

2. Выбор типа производства (определение  $K_{3.0}$ ) – 2 страницы.

3. Анализ базового варианта технологического процесса с обоснованием замены оборудования на более современное и прогрессивное (описание). Разработка маршрутного технологического процесса – 3 страницы.

4. Расчет технической нормы времени (на одну операцию) – 2 страницы.

**Итого:** 9 страниц.

##### **Графическая часть:**

1. Чертеж детали.

2. Операционные эскизы.

**Всего:** 1,5–2 листа.

**Приложение:**

1. Маршрутная карта Форма 1 ГОСТ 3.1118-82.

В дипломном проекте в качестве объектов проектирования следует принимать перспективные изделия машиностроения, производимые в настоящее время на предприятиях Республики Беларусь. Выбор должен быть согласован с руководителем дипломного проекта. В дипломный проект может быть включен по рекомендации руководителя проекта также научно-исследовательский раздел, связанный с основной темой проекта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кане, М. М. Технология машиностроения. Курсовое проектирование : учебное пособие / М. М. Кане [и др.]; под ред. М. М. Кане, В. К. Шелега. – Минск : Выш. шк., 2013. – 311 с.
2. Бабук, В. В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие для вузов / В. В. Бабук [и др.]; под ред. В. В. Бабука. – Минск : Выш. шк., 2079. – 464 с.
3. Пашкевич, М. Ф. Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под ред. А. А. Жолобова, В. А. Аверченкова. – 2-е изд., стер. – Старый Оскол : ТНТ, 2018. – 444 с.
4. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1985. – 490 с.
5. Режимы резания металлов : справочник / под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972.
6. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках: единичное и мелкосерийное производство. – М. : Машиностроение, 1982. – 311 с.
7. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках: среднесерийное и крупносерийное производство. – М. : Машиностроение, 1984. – 470 с.
8. Единая система стандартизации БНТУ. Дипломное проектирование. – Минск : БНТУ, 2003. – 41 с.
9. Романенко, В. И. Оформление технологической документации: пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / В. И. Романенко, Н. В. Шкинъ. – Минск : БНТУ, 2019. – 87 с.
10. Бабук, В. В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении : учебное пособие / В. В. Бабук [и др.]; под ред. В. В. Бабука. – Мн. : Выш. шк., 1987. – 255 с.
11. Проектирование участка механосборочного цеха на основе технологического процесса изготовления изделия : пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / М. М. Кане, В. К. Шелег. – Минск : БНТУ, 2021. – 39 с.

## Приложение 1

Образец заполнения задания на курсовое проектирование

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Машиностроительный факультет**  
**Кафедра «Технология машиностроения»**



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ В.К. Шелег  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### **ЗАДАНИЕ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ** **Студенту группы № \_\_\_\_\_**

(фамилия, имя, отчество)

#### **1. Тема проекта:**

Разработка маршрутного технологического процесса механической обработки на деталь \_\_\_\_\_

#### **2. Сроки сдачи студентом законченного проекта**

#### **3. Исходные данные к проекту:**

1. Чертеж детали \_\_\_\_\_

2. Объем выпуска штук в год \_\_\_\_\_

3. Режим работы: двухсменный при 40-часовой рабочей недели

#### **4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)**

4.1. Введение. 4.2. Назначение и условия работы детали в сборочной единице. 4.3. Анализ технологичности конструкции детали. 4.4. Выбор типа и организационной формы производства. 4.5. Описание способа получения заготовки по базовому варианту. 4.6. Анализ базового варианта технологического процесса с обоснованием замены оборудования на более современное и прогрессивное. 4.7. Расчет режимов резания на одну проектируемую операцию (один переход). 4.8. Расчет технологической нормы времени на одну проектируемую операцию (один переход). 4.9. Разработка маршрутного технологического процесса изготовления детали с учетом внесенных изменений. 4.10. Заключение. 4.11. Литература.

**5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков)**

1. Чертеж детали – \_\_\_\_\_ л
2. Чертеж заготовки – \_\_\_\_\_ л
3. Операционные эскизы – 1 л (4 эскиза)

**6. Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов проекта):** \_\_\_\_\_

**7. Дата выдачи задания:**

**8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования** (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

- 8.1. Введение. Назначение и условия работы детали в сборочной единице.
- 8.2. Анализ технологичности конструкции детали и выполнение чертежа детали.
- 8.3. Выбор типа и организационной формы производства.
- 8.4. Описание способа получения заготовки по базовому варианту и выполнение чертежа заготовки.
- 8.5. Анализ базового варианта технологического процесса с обоснованием замены оборудования на более прогрессивное.
- 8.6. Расчет режимов резания на одну проектируемую операцию (один переход).
- 8.7. Расчет технологической нормы времени на одну проектируемую операцию (один переход).
- 8.8. Оформление листа операционных эскизов.
- 8.9. Разработка маршрутного технологического процесса изготовления детали с учетом внесенных изменений. Оформление технологической документации.
- 8.10. Оформление расчетно-пояснительной записки.
- 8.11. Заключение и литература.

Руководитель \_\_\_\_\_  
Подпись, дата \_\_\_\_\_ инициалы и фамилия \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
Подпись, дата \_\_\_\_\_ инициалы и фамилия \_\_\_\_\_

## Приложение 2

Образец оформления пояснительной записки  
к курсовому проектированию

### СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Описание объекта производства
2. Назначение детали в сборочной единице
3. Анализ технологичности конструкции детали
4. Выбор типа и организационной формы производства
5. Описание метода получения заготовки
6. Анализ базового варианта технологического процесса
7. Расчет режимов резания на операцию механической обработки
8. Нормирование операции механической обработки
9. Проектирование технологического процесса механической обработки

Заключение

Список использованных источников

Приложения

## Введение

Минский завод колесных тягачей – предприятие, специализирующееся на выпуске уникальных многоосных автомобилей, автопоездов и колесных шасси высокой проходимости и грузоподъемности.

Основой производственной деятельности Минского завода колесных тягачей является выпуск дорожных и внедорожных автомобилей большой грузоподъемности и прицепной техники к ним, а также специальных колесных шасси под монтаж всевозможного оборудования для предприятий и транспортных организаций строительного, нефтегазового и машиностроительного комплекса. Кроме того, ведется изготовление гаммы автомобилей, предназначенных для нужд оборонного комплекса. Относительно небольшие годовые количественные показатели производимой продукции не означают ограниченности типажа, напротив, модельный ряд включает 80 разновидностей. Многие из них создаются по индивидуальным требованиям того или иного заказчика. Автомобильная техника с маркой МЗКТ отличается разнообразием исполнений и оригинальностью технических решений.

Гражданскую продукцию минского завода можно условно разделить на несколько главных групп. Самую многочисленную группу составляют самосвалы дорожного и внедорожного типа с колесными формулами 6×6, 8×4, 8×8 и грузоподъемностью до 27 т. В следующей группе находятся седельные балластные тягачи, предназначенные для работы в составе автопоездов грузоподъемностью до 250 т. Своих потребителей находят специальные автомобильные шасси грузоподъемностью до 80 т, используемые для установки кранового и другого специального оборудования. Спросом также пользуются многоосные шасси с колесными формулами 6×6, 8×8, 10×10, 12×12 под монтаж технологических установок для обслуживания, капитального ремонта и бурения нефтяных и газовых скважин. Определенную нишу занимают шасси дорожного и внедорожного типов с колесными формулами 4×4, 6×6, 8×4, 8×8 для размещения на них всевозможного технологического оборудования. Последнюю группу формируют прицепы и полуприцепы.

Лидерами продаж являются самосвалы серий МЗКТ-6515 (8×4) и МЗКТ-6525 (6×6), входящие в состав наиболее распространенного

семейства «Волат». Первые оснащаются платформами с задней или боковой разгрузкой емкостью 11,5; 12,0; 16,5 или 20,0 м<sup>3</sup>, в которых размещается до 25 т полезной нагрузки. Машины могут передвигаться по всем видам дорог с заездом на строительные площадки или карьеры, обустроенные подъездными путями. Необходимые тяговые и динамические свойства грузовику обеспечивают 400-сильный дизель ЯМЗ-7511.10 (Евро-2) и 9-ступенчатая коробка передач МЗКТ-65151. Самосвал может работать в составе автопоезда полной массой до 76,2 т.

Более высокую проходимость имеет самосвал МЗКТ-75165 (8×8) грузоподъемностью 24,5 т. Автомобиль оснащается 425-сильным дизелем ЯМЗ-8424.10.

Трехосный капотный самосвал модели МЗКТ-652511-011 оборудован дизелем ЯМЗ-7511, оригинальными кабиной и оперением из стеклопластика. В 11-кубовом кузове машины может разместиться груз массой до 20,5 т. Седелные и балластные тягачи представлены семействами трех- и четырехосных полноприводных машин.

Специально для машин МЗКТ разработан целый ряд прицепов и полуприцепов с такими же шинами и такой же колеей. Их также можно использовать как на всех типах дорог, так и на бездорожье.

Основные виды автопоездов:

- 79092-8385 – для перевозки различных грузов;
- 79093-83851 – для перевозки леса в сортиментах;
- 79096-9001 – для транспортировки плетей труб 7429-99882(99883) – под монтаж и транспортировку различного оборудования массой 34 (40) тонн.

## 1. Описание объекта производства

Автовышка АПТ-50 на шасси МЗКТ 6923 предназначена для проведения работ на высотах до 50 метров. Благодаря своим высотным характеристикам, **автовышка АПТ-50** отлично подходит для работы над фасадами высотных зданий. Большой вылет люльки позволяет работать даже там, куда машина не может подъехать вплотную, а надежная конструкция стрелы автовышки АПТ-50 позволяет поднимать до 400 кг груза.

<b>Технические характеристики автовышки АПТ-50</b>	
Конструкция рабочего оборудования	Телескопическая стрела с люлькой
Грузоподъемность, кг	400
Рабочая высота подъема, м	50
Вылет, м	19,5
Время подъема люльки на наибол. высоту, с	220
Глубина опускания люльки, м	6
Угол поворота стрелы, град	не ограничен
Угол поворота люльки, град	± 30
Габаритные размеры в трансп. положении, м:	
– длина	11 870
– ширина	2 500
– высота	3 800
Марка шасси	МЗКТ-6923

Рассматриваемая в курсовом проекте деталь – корпус 6923-3519242 является составной частью контура пневматического привода тормозов колес задней тележки МЗКТ 6923.

#### **Общее устройство многоконтурного тормозного привода.**

Многоконтурные тормозные приводы обеспечивают современные требования безопасности движения автомобиля. Многоконтурный тормозной привод с независимой работой каждого контура применяется на автомобилях марок «КамАЗ», «ЗИЛ», «МАЗ» и различных автобусах. В тормозных системах этих автомобилей много общего, как в назначениях отдельных контуров, так и в используемых приборах.

Пневматический привод тормозов автомобиля оборудован рабочей, стояночной, вспомогательной и запасной тормозными системами (рисунок 1.2), а также системой для аварийного растормаживания стояночного тормозного механизма и выводами для питания сжатым воздухом прицепов и полуприцепов. Рабочие тормозные механизмы имеют отдельный привод.

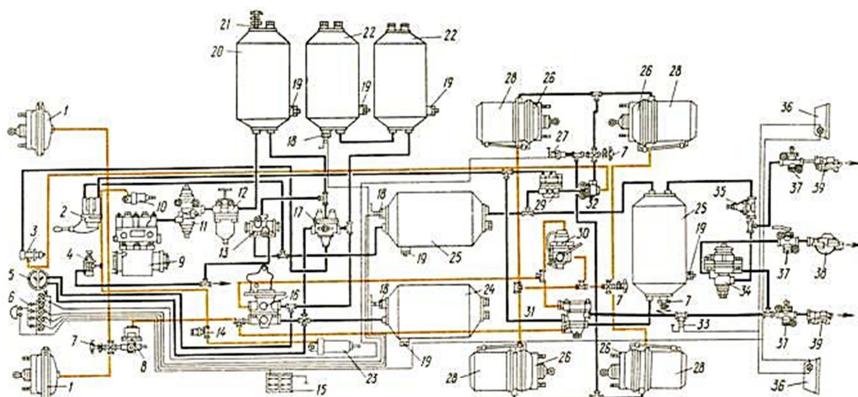


Рисунок 1.2 – Схема пневматического тормозного привода автомобиля (28 – энергоаккумуляторы).

Привод разбит на автономные контуры. Каждый контур действует независимо от других. Независимость действия каждого контура обеспечивается специальными двух- и трехсекционными клапанами. Обеспечена также пропорциональность между интенсивностью торможения и величиной усилия, прикладываемого к педали тормоза.

Контур III привода тормозных механизмов стояночной и запасной тормозных систем тягача и прицепа, а также питания комбинированного привода тормозных механизмов прицепа включает часть двойного защитного клапана 13, два ресивера 25 общим объемом 40 л, клапан 7 контрольного вывода, кран 2 управления стояночной и запасной тормозными системами, ускорительный клапан 29, часть двухмагистрального перепускного клапана 32, четыре пружинных энергоаккумулятора 28, трубопроводы и шланги между названными узлами; трубопровод от крана стояночного и запасного тормозных механизмов к средней секции клапана 31 управления тормозными механизмами прицепа с двухпроводным приводом, ресивер 25 к одинарному защитному клапану 35, к клапану 34 управления тормозными механизмами с однопроводным приводом и разобщительным клапаном 37, соединительным головкам 38 и 39 (головка 38 типа А однопроводного привода тормозных механизмов прицепа, головки 39 типа «Палм» двухпроводного привода).

## 2. Назначение детали в сборочной единице

Тормозная камера типа 20 является составной частью контура пневматического привода тормозов колес задней тележки рабочей тормозной системы и приводится в действие при подаче сжатого воздуха.

Пружинный энергоаккумулятор является составной частью контура пневматического привода тормозов колес задней тележки стояночной и запасной тормозных систем и приводится в действие при выпуске сжатого воздуха.

## 3. Анализ технологичности конструкции деталей

Отработка конструкции на технологичность – комплекс мероприятий по обеспечению необходимого уровня технологичности конструкции изделия по установленным показателям. Она направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на изготовление изделия при обеспечении необходимого его качества.

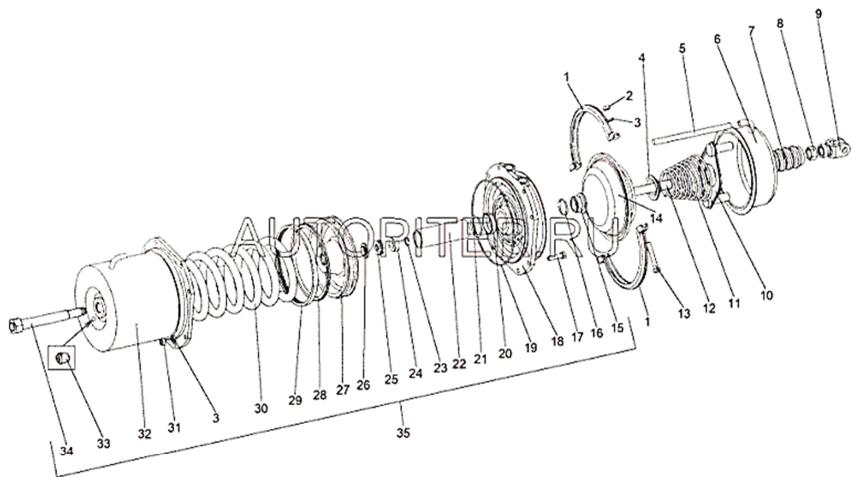


Рисунок 2.1 – Тормозная камера типа 20 (рассматриваемая в курсовом проекте деталь № 18 – корпус 6923-3519242)

Виды и показатели технологичности конструкции приведены в ГОСТ 14.203-89, а правила отработки конструкции изделия и перечень обязательных показателей технологичности – в ГОСТ 14.201-83.

Оценка технологичности конструкции может быть двух видов: качественной и количественной. Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта исполнителя и допускается на всех стадиях проектирования как предварительная. Количественная оценка технологичности изделия выражается числовыми показателями и оправдана в том случае, если они существенно влияют на технологичность рассматриваемой конструкции.

**Качественная оценка технологичности конструкции.** Анализируя технологичность конструкции корпуса 6923-3519242 по применяемому материалу, следует отметить, что он выполнен из алюминиевого сплава марки АК5М4 по ГОСТ1583-93. Данный материал имеет относительно не высокую стоимость, среднюю обрабатываемость. Использование в узле другой марки, например более дешевого чугуна, не технологично, т. к. скажется на работоспособности всего узла в целом и приведет к быстрому выходу его из строя, например, возможно появление трещин в процессе работы под давлением. Также это приведет к утяжелению конструкции узла в целом.

С точки зрения конструкции корпус 6923-3519242 может характеризоваться с положительной стороны в следующем. Большая часть поверхности корпуса не обрабатывается. Поверхности, подвергаемые обработке, имеют простую форму и легкодоступны для обрабатывающего инструмента. Инструмент стандартный, унифицированный и не требует сложных технологий изготовления, сложнопрофильных поверхностей, например зубчатых, нет, что не требует применения специального инструмента. Поверхности имеют невысокие требования к качеству, что удешевляет себестоимость детали. Положительным можно считать использование всего двух схем базирования во всем технологическом процессе.

Контур детали максимально приближен к форме детали, и коэффициент использования материала очень высокий.

В зависимости от типа производства для обработки детали возможно применение высокопроизводительных станков с ЧПУ, другого высокопроизводительного оборудования, а также унифицированных наладок.

Конструкция корпуса может характеризоваться и с отрицательной стороны. Рассматриваемая деталь имеет сложную пространственную форму, что усложняет базирование. Корпус является корпусной деталью с взаимно пересекающимися отверстиями, что также усложняет контроль и настройку инструмента на размер. При простановке размеров, отрицательным можно считать высокие требования к взаимному расположению поверхностей, однако, положительно то, что к самим поверхностям требования не столь высоки.

Рассматриваемый корпус можно отнести к типовой корпусной детали, что облегчает проектирование технологического процесса механической обработки.

Также положительным является способ получения заготовки литьем. Это дешевый способ, и на современном этапе он оставляет возможность применения альтернативных способов получения заготовки, более высокопроизводительных методов и повышения коэффициента использования материала (например, литье под давлением, литье в облицованный кокиль и т. п.).

Положительным можно считать отсутствие термообработки.

В целом следует считать качественную оценку технологичности конструкции хорошей. Характеристики АК5М4 по ГОСТ1583-93 приведены ниже, в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Химический состав в % материала АК5М4 ГОСТ 1583- 93

Fe	Si	Mn	Ni	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Примесей
до 1,4	3,5–6	0,2–0,6	до 0,5	0,05–0,2	84,8–93,05	3–5	0,2–0,5	до 1,5	всего 3,2

Таблица 3.2 – Механические свойства при  $T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  материала АК5М4

Сортамент	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$d_5$	KCU
–	МПа	МПа	%	кДж / м <sup>2</sup>
Отливки, ГОСТ 1583-93	118-196	–	0,5–1	–
Твердость АК5М4, Отливки ГОСТ 1583-93		HV 10 <sup>-1</sup> = 70...90 МПа		

### **Количественная оценка технологичности конструкции.**

Количественная оценка складывается из основных и дополнительных показателей. К основным показателям относятся: трудоемкость изготовления детали и технологическая себестоимость детали, которые будут рассчитаны в дипломном проекте.

При оценке детали на технологичность обязательными являются следующие дополнительные показатели:

1. Коэффициент унификации конструктивных элементов:

$$K_{y.э.} = Q_{y.э.} / Q_э,$$

где  $Q_{y.э.}$  и  $Q_э$  – соответственно число унифицированных конструктивных элементов детали и общее, шт.

$$K_{y.э.} = 22 / 43 = 0,51.$$

2. Коэффициент применяемости стандартизованных обрабатываемых поверхностей:

$$K_{п.ст.} = D_{о.с.} / D_{м.о.},$$

где  $D_{о.с.}$  и  $D_{м.о.}$  – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех, подвергаемых механической обработке поверхностей, шт.

$$K_{п.ст.} = 23 / 25 = 0,92.$$

3. Коэффициент обработки поверхностей:

$$K_{п.ст.} = 1 - D_{о.с.} / Q_э,$$

$$K_{п.ст.} = 1 - 25 / 43 = 0,42.$$

4. Коэффициент использования материала:

$$K_{и.м.} = q / Q = 1,5 / 1,62 = 0,93,$$

где  $q$  и  $Q$  – соответственно масса детали и заготовки, кг.

5. Масса детали  $q = 1,5$  кг.
6. Максимальное значение качества обработки IT 6.
7. Минимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей  $Ra = 2,5$  мкм.

#### 4. Выбор типа и организационной формы производства

Тип производства по ГОСТ 3.1119-89 характеризуется коэффициентом закрепления операций:  $K_{з.о.} = 1$  – массовое,  $1 < K_{з.о.} < 10$  – крупносерийное,  $10 < K_{з.о.} < 20$  – среднесерийное,  $20 < K_{з.о.} < 40$  – мелкосерийное производство. В единичном производстве  $K_{з.о.}$  не регламентируется.

В соответствии с методическими указаниями РД 50-174-80, коэффициент закрепления операций для всех разновидностей серийного производства:

$$K_{з.о.} = \Sigma \Pi_{oi} / (\Sigma P_{oi}), \quad (4.1)$$

где  $\Sigma \Pi_{oi}$  – суммарное число различных операций за месяц по участку из расчета на одного сменного мастера;

$\Sigma P_{oi}$  – явочное число рабочих участка, выполняющих различные операции при работе в одну смену.

Условное число однотипных операций рекомендуется определять:

$$\Pi_{oi} = \eta_n / \eta_3, \quad (4.2)$$

где  $\eta_n$  – планируемый нормативный коэффициент загрузки станка ( $\eta_n = 0,8$  – для серийного производства);

$\eta_3$  – коэффициент загрузки станка проектируемой операции.

$$\eta_3 = T_{шт-к} N_M / (60 F_M k_B), \quad (4.3)$$

где  $T_{шт-к}$  – штучно-калькуляционное время, необходимое для выполнения операции, мин;

$N_M$  – месячная программа выпуска заданной детали в одну смену, шт.:  $N_M = N_T / 24$ ;

$N_T$  – годовой объем выпуска заданной детали, шт.;

$N_M = 800 / 24 = 34$  шт.;

$F_M = 3980 / 24 = 166$  ч. – месячный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч;

$k_B$  – коэффициент выполнения норм, принимается равным 1,3.

Подставляя в формулу (4.3) значения получим:

$$\eta_3 = T_{\text{шт-к}} N_M / 13182. \quad (4.4)$$

Следовательно

$$\Pi_{oi} = 13182 \eta_n / T_{\text{шт-к}} N_M. \quad (4.5)$$

Количество операций, выполняемых в течение месяца на участке, определяется:

$$\Sigma \Pi_{oi} = \Pi_{O1} + \Pi_{O2} + \Pi_{O3} + \dots + \Pi_{On}. \quad (4.6)$$

Необходимое число рабочих для обслуживания в течение одной смены одного станка, загруженного по плановому нормативному коэффициенту:

$$P_i = \Pi_{oi} T_{\text{шт-к}} N_M / (60 k_B \Phi), \quad (4.7)$$

где  $\Phi$  – месячный фонд времени рабочего, занятого в течение 22 рабочих дней в месяц  $\Phi = 22 \times 8 = 176$  ч.

Явочное число рабочих участка определяется следующим образом:

$$\Sigma P_i = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n. \quad (4.8)$$

Таким образом, используя формулы (4.1)...(4.8), составляем таблицу 4.1 для рассматриваемой детали.

Таблица 4.1 – Расчет типа производства

№ и наименование операции		Т <sub>шт-к,</sub> мин.	$\eta_3$	$\Pi_{oi}$	$P_{oi}$
005	Токарная с ЧПУ	3,159	0,008	98,184	0,768
010	Токарная с ЧПУ	2,204	0,006	140,72	0,768
020	Фрезерная	1,309	0,003	236,94	0,768
025	Радиально-сверлильная	2,148	0,006	144,39	0,768
030	Радиально-сверлильная	2,577	0,007	120,35	0,768
035	Вертикально-сверлильная	1,336	0,004	232,15	0,768
Суммарное значение		12,733	0,033	972,77	4,609
Среднее значение		–	0,01	–	–

Подставляя получившиеся значения в формулу (4.1), получаем:

$$K_{3,0} = 972,77 / 4,609 = 211,06.$$

Рассчитанное  $K_{3,0}$  подчиняется неравенству  $K_{3,0} < 40$  и, следовательно, можно сделать вывод, что тип производства при изготовлении корпуса 6923-3519242 – единичный.

Формы организации технологических процессов в соответствии с ГОСТ 14.312-85 существуют двух видов: групповая и поточная. Решение о целесообразности применения той или иной формы принимаются на основании сравнительных расчетов заданного суточного выпуска изделий и расчетной суточной производительности поточной линии при двухсменном режиме работы и ее загрузке на 65...75 %.

Заданный суточный выпуск изделий:

$$N_c = N_r / 253, \quad (4.9)$$

где  $N_r$  – годовой объем выпуска изделий, шт.;

235 – количество рабочих дней в году.

$$N_c = 800 / 253 = 3,16 \text{ шт.}$$

Суточная производительность поточной линии:

$$Q_c = (F_c / T_{cp}) \times \eta_3, \quad (4.10)$$

где  $F_c$  – суточный фонд времени работы оборудования (960 мин);  
 $T_{cp}$  – средняя станкоемкость одной операции, мин;  
 $\eta_3$  – средний коэффициент загрузки оборудования.

$$T_{cp} = \Sigma T_{шт-ki} / (nk_B), \quad (4.11)$$

где  $n$  – количество основных операций.

$$T_{cp} = 12,733 / (6 \times 1,3) = 1,63 \text{ мин},$$

$$Q_c = (960 / 1,63) \times 0,01 = 3,28 \text{ шт.}$$

В связи с тем, что заданный суточный выпуск изделий меньше суточной производительности поточной линии и загрузка линии менее 65 %, применение однономенклатурной поточной линии нецелесообразно.

При серийном производстве запуск изделий осуществляется партиями с определенной периодичностью. Количество деталей в партии для одновременного запуска определяется:

$$n_1 = (F_{эм} \times n_o \times k_B) / (K_{3.о.} \times \Sigma T_i), \quad (4.12)$$

$$n_2 = (F_{эм} \times k_B) / (K_{м.о} \times \Sigma T_i), \quad (4.13)$$

где  $F_{эм}$  – эффективный месячный фонд времени работы участка, равный 10 560 мин;

$n_o$  – число операций механической обработки по технологическому процессу;

$\Sigma T_i$  – суммарная трудоемкость технологического процесса, мин;

$K_{м.о}$  – коэффициент, учитывающий затраты межоперационного времени (1,5).

$$n_1 = (10560 \times 6 \times 1,3) / (211,06 \times 12,77) = 30,65 \text{ шт.};$$

$$n_2 = (10560 \times 1,3) / (1,5 \times 12,77) = 718,76 \text{ шт.}$$

Согласно теории  $n_2 = 719 = n_{\max}$ , а  $n_1 = 31 = n_{\min}$ . Параметр  $n_{\min}$  округляется в сторону увеличения до  $n_{\min}'$ , кратного размеру партии на сборочной стадии  $n_{\min}' = 35$  шт.

Определяем расчетную периодичность повторения партий деталей (дн.):

$$I_H = 22n_{\min} / N_M, \quad (4.14)$$

$$I_H = 22 \times 35 / 34 = 22,64 \text{ дн.}$$

Принимаем значение согласно нормативам:  $I_H = 66$  дней.

Рассчитываем размер партии согласно условию:

$$n = I_H \times N_M / 22 = 66 \times 34 / 22 = 102$$

принимаем 102 штуки.

$$n_{\min} \leq n < n_{\max}, \quad (4.15)$$

$$35 \leq 102 < 719,$$

т. к. неравенство выполняется, то искомый размер партии деталей равен 102 штуки.

## **5. Выбор метода получения заготовок с экономическим обоснованием проектируемых вариантов**

На выбор метода получения заготовки оказывают влияние материал детали, ее назначение и технические требования на изготовление, объем и серийность выпуска, форма поверхностей и размеры детали.

Оптимальный метод получения заготовки определяется на основании технико-экономических расчетов технологической себестоимости обоих вариантов получения заготовки. Метод получения заготовки, обеспечивающий технологичность изготовления из нее детали при минимальной себестоимости последней, считается оптимальным.

В базовом варианте технологического процесса заготовка корпуса 6923-3519242 получается методом литья под давлением со степенью точности отливки 4-0-0-7т по ГОСТ 26645-89.

Проведя анализ базового способа получения заготовки, можно сделать следующие выводы. Контур заготовки максимально приближен к контуру детали – коэффициент использования материала равен 0,93. Большая часть поверхности детали не обрабатывается – коэффициент обработки поверхностей равен 0,43. Получаются все отверстия на детали. Способ является оптимальным для данного типа деталей и сплава.

Принцип процесса **литья под давлением** основан на принудительном заполнении рабочей полости металлической пресс-формы расплавом и формировании отливки под действием давления пресс-поршня, перемещающегося в камере прессования, заполненной расплавом. В отличие от кокиля рабочие поверхности пресс-формы, контактирующие с отливкой, не имеют огнеупорного покрытия. Это приводит к необходимости кратковременного заполнения пресс-формы расплавом и действия на кристаллизующуюся отливку избыточного давления, в сотни раз превосходящего гравитационное. Современный процесс, реализуемый на специальных гидравлических машинах, обеспечивает получение от нескольких десятков до нескольких тысяч отливок разного назначения в час с высокими механическими свойствами, низкой шероховатостью поверхности и размерами, соответствующими или максимально приближенными к размерам готовой детали. Толщина стенки отливок может быть менее 1,0 мм, а масса – от нескольких граммов до десятков килограммов.

В зависимости от конструкции камеры прессования различают машины с холодной (рисунок 6.1) и горячей (рисунок 6.2) камерами прессования.

Основные операции технологического процесса зависят от конструктивного решения камер прессования.

На машинах с холодной камерой прессования после подготовки пресс-формы 1 (рисунок 6.1, а) к очередному циклу, ее сборки и за-пираания с помощью запирающего механизма литейной машины в ка-меру прессования 3 подается доза расплава. Затем под действием пресс-поршня 2, перемещающегося в этой камере посредством ме-ханизма прессования, через каналы литниковой системы расплав заполняет рабочую полость пресс-формы (рисунок 6.1, б). После затвердевания и охлаждения отливки до определенной температуры извлекают стержни 4 и раскрывают пресс-форму (рисунок 6.1, в), а затем механизмом выталкивания и толкателями 5 отливку удаля-ют из пресс-формы (рисунок 6.1, г). Механизмы машины приходят в исходное состояние. Литники и заливы отделяются, от отливки, как правило, с помощью обрезающего пресса, расположенного около литейной машины, либо механизмами пресс-формы. На этом рабо-чий цикл завершается.

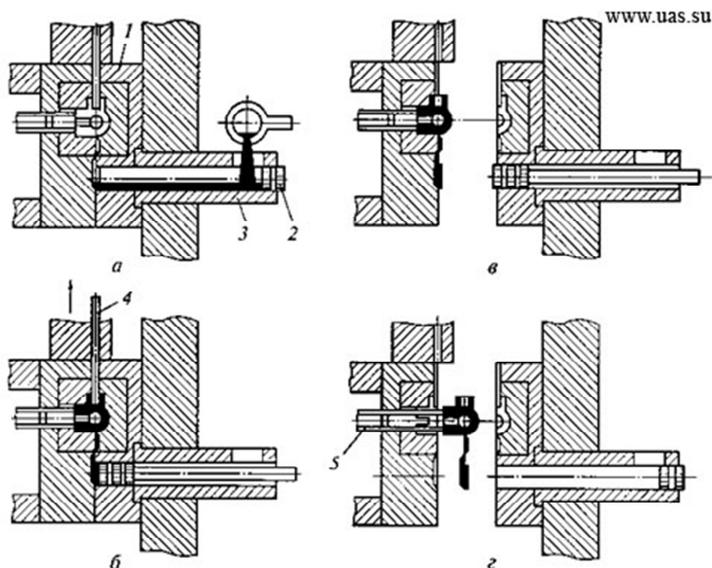


Рисунок 6.1 – Схема технологического процесса литья под давлени-ем на машине с холодной камерой прессования: а – подача расплава в камеру прессования; б – запрессовка; в – раскрытие пресс-формы; г – выталкивание отливки; 1 – пресс-форма; 2 – пресс-поршень; 3 – камера прессования; 4 – стержень; 5 – толкатель

На машинах с горячей камерой прессования особенность технологического процесса заключается в том, что камера прессования 1 (рисунок 6.2, а) располагается в тигле 3 и сообщается с ним заливочным отверстием 2. Через это отверстие при исходном положении пресс-поршня 6 расплав самотеком поступает из тигля в камеру прессования. После перекрытия пресс-поршнем заливочного отверстия расплав по обогреваемому каналу 4 поступает в рабочую полость пресс-формы 5 (рисунок 6.2, б). Рабочий цикл завершается после возврата пресс-поршня в исходное положение и слива остатков расплава из канала 4 в камеру прессования, раскрытия пресс-формы и удаления из нее отливки 7 толкателями 8 (рисунок 6.2, в).

www.uas.su

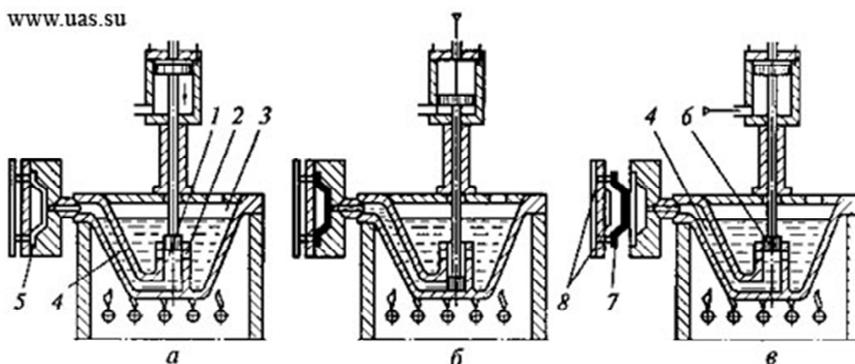


Рисунок 6.2 – Схема технологического процесса литья под давлением на машине с горячей камерой прессования: а – заполнение камеры прессования расплавом; б – запрессовка; в – раскрытие пресс-формы и выталкивание отливки; 1 – камера прессования; 2 – заливочное отверстие; 3 – тигель с расплавом; 4 – обогреваемый канал; 5 – пресс-форма; 6 – пресс-поршень; 7 – отливка; 8 – толкатели

Таким образом, процесс литья под давлением реализуется только на специальных машинах, что обеспечивает возможность комплексной автоматизации технологического процесса, способствует существенному улучшению санитарно-гигиенических условий труда, уменьшению вредного воздействия литейного производства на окружающую среду.

## 6. Анализ базового варианта технологического процесса

Предметом анализа является технологический процесс изготовления корпуса 6923-3519242 из литой заготовки. Технологический процесс состоит из следующих операций механической обработки:

- 005 Токарная с ЧПУ;
- 010 Токарная с ЧПУ;
- 020 Фрезерная;
- 025 Радиально-сверлильная;
- 030 Радиально-сверлильная;
- 035 Вертикально-сверлильная.

В данном технологическом процессе имеются также слесарные операции, а также операция промежуточного контроля и маркировки. Шероховатость поверхностей на различных стадиях обработки данной детали характеризуется следующими показателями в пределах: среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  составляет от 20 до 1,25 мкм.

Принятую в данном технологическом процессе общую последовательность обработки логически следует считать целесообразной. Для анализа применяемого оборудования в данном технологическом процессе составляем таблицы 6.1 и 6.2.

Таблица 6.1 – Технологические возможности применяемого оборудования

№ п. п.	Модель станка	Предельные размеры обрабатываемой заготовки			Качество обработки	Параметр шероховатости поверхности $R_a$ , мкм
		Диаметр (ширина), $d(b)$ , мм.	Длина, $l$ , мм.	Высота, $h$ , мм.		
005	16К20Ф3	400	1000	500	10...8	6,3...1,6
010	16К20Ф3	400	1000	500	10...8	6,3...1,6
020	6Р82	400	1600	395	10...8	6,3...3,2
025	2А55	50	–	1600	12...9	25...1,6
030	2А55	50	–	1600	12...9	25...1,6
035	2Н125	25	–	700	12...8	25...1,6

Таблица 6.2 – Характеристика срока службы, стоимости, сложности, производительности и степени использования применяемого оборудования

№ п. п.	Модель станка	Год изготовления	Цена станка, руб.	Категория рем.онтной сложности	Кол-во станков на операции	Трудоемкость Тшт.к., мин.	Коэффициент загрузки станка
005	16K20Ф3	2002	27 8800	52	1	3,159	0,008
010	16K20Ф3	2002	27 8800	52	1	2,204	0,006
020	6P82	2002	21 760	23	1	1,309	0,003
025	2A55	2004	40 800	31	1	2,148	0,006
030	2A55	2004	40 800	31	1	2,577	0,007
035	2H125	2003	19 656	12	1	1,336	0,004

Анализ приведенных данных показывает, что используемые станки по габаритным размерам обрабатываемой заготовки, достигаемой точности и шероховатости соответствуют требуемым условиям обработки. Категория ремонтной сложности станков невысокая, фактическое состояние станков, находящихся на участке, удовлетворительное. Однако на ряде операций необходимо заменить морально устаревшее оборудование более производительными и современными моделями станков, выпускаемыми в настоящее время станкостроительной промышленностью.

В базовом технологическом процессе на операции окончательного контроля производятся измерения пространственных отклонений положения винтовой канавки и ее пространственной взаимосвязи с базирующими плоскостями. На операционном и окончательном контроле используются различные контрольные приспособления для проверки правильности изготовленных размеров.

Действующий технологический процесс можно совершенствовать следующим образом:

1. Произвести объединение операций 005–030 на один станок PUMA MX 2600 S. На этом станке можно производить одновременную обработку двух поверхностей с использованием двух шпинделей

и двух револьверных головок. Имеющаяся возможность обработки по оси Y обеспечивает повышение производительности в два раза.

2. Использовать прогрессивный инструмент фирм «Sandvik Coromant», «Gühring» или «Mitsubishi», что позволит использовать прогрессивные режимы обработки.

3. Установить на операции окончательного контроля мобильной контрольно-измерительной машины типа «Рука» производства ZETT MESS с манипулятором модели АМРG-Р, что позволит уменьшить время на измерения и увеличить качество контроля.

## 7. Расчет режимов обработки

Методика расчетов режимов резания представлена в справочной и учебной литературе. В процессе разработки операционной технологии необходимо рассчитать режимы резания на один из технологических переходов, а на остальные переходы и операции определить по нормативным данным.

В процессе разработки операционной технологии воспользуемся методикой [2] для расчета режимов обработки на 010 операции Вертикально-сверлильной, сверление отверстия.

1. Рассчитываем длину рабочего хода:

$$L_{рх} = L_p + L_{доп} + L_y,$$

где  $L_p$  – длина резания, мм;

$L_{доп}$  – дополнительная величина хода, вызванная особенностями наладки и конфигурации детали, мм;

$L_y$  – длина подвода, врезания и перебега инструмента.

$$L_{рх} = 20 + 8 + 4 = 32.$$

2. Назначаем подачу суппортов на оборот шпинделя  $S_o$ , мм/об:

$$S_o = 0,5 \text{ мм/об.}$$

3. Определяем стойкость инструмента  $T_p$ , мин:

$$T_p = \lambda T_m,$$

где  $\lambda$  – коэффициент резания,  $\lambda = T_p / T_{px} = 20 / 30 = 0,63$ ;

$T_m$  – табличное значение стойкости инструмента, мин.

Так как  $\lambda < 0,7$ , то  $T_p = 0,63 \times 30 = 19$  мин.

4. Определяем скорость резания по формуле, м/мин:

$$V = V_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3,$$

где  $V_{\text{табл}}$  – табличное значение скорости резания, м/мин;

$K_1, K_2, K_3$  – коэффициенты, учитывающие твердость обрабатываемого материала, материал режущей части и вид точения соответственно.

$$V = 44 \times 1,0 \times 1,1 \times 1,0 = 48,4 \text{ м/мин.}$$

5. Определяем частоту вращения шпинделя, об/мин:

$$n = (1000V) / (\pi D),$$

где  $D$  – диаметр обработки, мм.

$$n = (1000 \times 48,4) / (3,14 \times 10) = 1541,4 \text{ об/мин.}$$

6. Назначаем частоту вращения по паспорту станка  $n = 1000$  об/мин.

7. Скорректируем значение скорости:

$$V = n\pi D / 1000,$$

$$V = 1000 \times 3,14 \times 10 / 1000 = 31,4 \text{ м/мин.}$$

8. Определяем минутную подачу, мм/мин:

$$S_m = S_o n,$$

$$S_m = 0,5 \times 1000 = 500 \text{ мм/мин.}$$

9. Рассчитываем основное время на обработку, мин:

$$T_o = L_{\text{рх}} / S_m = 32 / 500 = 0,064 \text{ мин.}$$

## 8. Нормирование техпроцесса механической обработки

Нормы времени определяются на основании рассчитанного в режимах резания операционного времени и литературных источников, таких как общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, выполняемые на металлорежущих станках.

Произведем расчет норм времени для сверлильной операции 010 согласно последовательности в [3] и дополнительных сведений в [4].

Нормы времени на операцию определяются:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_b + T_{\text{об}} + T_{\text{от}},$$

где  $T_o$  – основное время, мин;

$T_b$  – вспомогательное время, мин.

Основное время на операцию для агрегатных станков берется по лимитирующей позиции  $T_o = 0,064$  мин.

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$T_b = T_{\text{yc}} + T_{\text{зо}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}},$$

где  $T_{\text{yc}}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{\text{зо}}$  – время на закрепление и открепление детали, мин.

Сумма времени на установку, снятие детали, закрепление и открепление детали составляет 0,74 мин;

$T_{\text{уп}}$  – время на приемы управления = 0,06 мин;

$T_{\text{из}}$  – время на измерение детали = 0,12 мин.

Следовательно,

$$T_b = 0,74 + 0,06 + 0,12 = 0,92 \text{ мин,}$$

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_b = 0,064 + 0,92 = 0,984 \text{ мин,}$$

$T_{об}$  – время на обслуживание рабочего места, мин,

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где  $T_{тех}$  – время на техническое обслуживание рабочего места, мин;

$T_{орг}$  – время на организационное обслуживание рабочего места, мин;

$T_{от}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

$$T_{тех} = T_0 t_{см} / T = 0,064 \times 1,5 / 30 = 0,003 \text{ мин},$$

где  $t_{см}$  – время на смену инструментов и подналадку станка, мин;

$T$  – период стойкости при работе одним инструментом или расчетный период стойкости лимитирующего инструмента при многоинструментальной обработке, мин.

$$T_{орг} = 1,5 \% \text{ от } T_{оп} = 0,015 \text{ мин},$$

$$T_{от} = 7 \% \text{ от } T_{оп} = 0,069 \text{ мин},$$

$$T_{шт} = 0,064 + 0,92 + 0,003 + 0,015 + 0,069 = 1,071 \text{ мин}.$$

## 9. Выбор методов обработки и технологических баз

Проектный вариант технологического процесса обработки корпуса 6923-3519242 из штучной литой заготовки, принимая рекомендации, приведенные в пункте анализа базового варианта технологического процесса, не отличается по набору и последовательности операций и будет иметь следующий вид:

005	Комплексная с ЧПУ	PUMA MX 2600 S
010	Вертикально-сверлильная	2Н125

Так как замена оборудования произведена с сохранением принципа перемены баз базового варианта технологического процесса, то базирование заготовок при обработке и возникающих при базировании погрешностей не изменяются.

Станок PUMA TT1500MS (М-фрезерование, S-контршпindel) (рисунок 9.1) позволяет производить одновременную обработку двух

поверхностей с использованием двух шпинделей и двух револьверных головок. Имеющаяся возможность обработки по оси Y обеспечивает повышение производительности в два раза.



Рисунок 9.1 – Станок PUMA MX 2600 S

Рабочая зона станка показана на рисунке 9.2. Расположение режущего инструмента, используемое на оборудовании на рисунке 9.3.

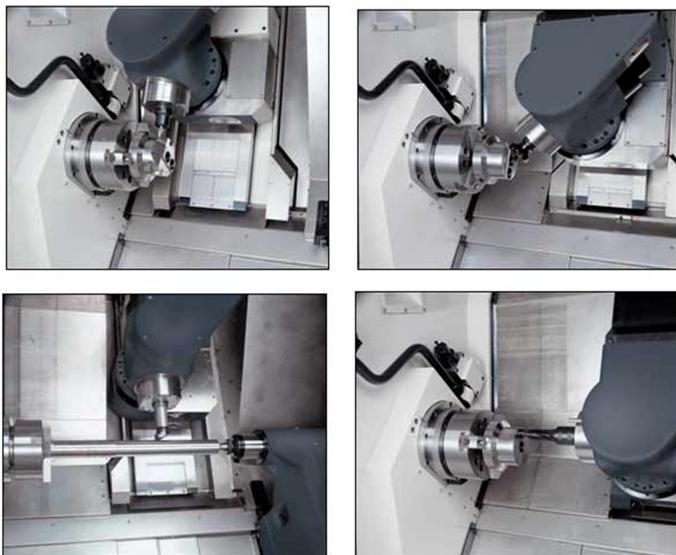


Рисунок 9.2 – Рабочая зона станка PUMA MX 2600 S

Основные технические характеристики PUMA MX 2600 S:

– станина с углом наклона направляющих  $60^\circ$  для эффективного отвода стружки в условиях максимальной производительности;

– два мощных токарных шпинделя (26 кВт/700 Нм), оснащенных двигателями типа «Built-in» (встроенные в главный шпиндель и контршпиндель);

– автоматический магазин инструмента для фрезерного шпинделя на 40 позиций в стандартной комплектации, опционально может быть увеличен до 80 позиций;

– двигатель фрезерного шпинделя типа «Built-in» (встроенный в поворотную фрезерную головку) с мощностью 22 кВт и увеличенной до 12 000 об/мин максимальной скоростью позволяет выполнять фрезерные операции любой сложности, что обеспечивается поворотом фрезерной головки на  $\pm 120^\circ$  и увеличенным перемещением по оси Y до  $\pm 115$  мм;

– токарно-револьверная головка с возможностью установки приводного фрезерного инструмента.

Одна из интересных особенностей конструкции этой модели – отсутствие передаточной трансмиссии шпинделей. Модель PUMA MX 2600ST оснащена современными мотор-шпинделями типа «Built-in» (встроенными непосредственно в шпиндельный узел). Отсутствие ременного привода позволяет не только выиграть в КПД и в отсутствии вибраций шпинделя, но также обеспечивает более длительный срок эксплуатации шпинделя в условиях непрерывного графика эксплуатации. Для повышения термической стабильности левый и правый шпиндели оснащены системой масляного охлаждения.

Для обеспечения прецизионной точности обрабатываемых деталей в условиях массового производства (непрерывный график работы оборудования, коэффициент использования оборудования 0,9–0,95, повышенные режимы резания, частые переходы от черновой обработки к чистовой) модели серии PUMA MX оснащаются системами обратной связи с датчиками линейных перемещений (измерительными линейками) «HEIDENHAIN» (Германия). При этом кинематические и термические изменения, а также влияние нагрузки в процессе обработки определяются линейными датчиками и учитываются в контуре управления, что позволяет достигать высочайшей точности позиционирования станка – до  $\pm 3$  мкм.

Максимальный диаметр обработки – 670 мм.

Максимальная длина обработки – 1500 мм.

Максимальный диаметр прутка – 76 мм.

Рабочая подача по осям X1/Z1 – 630/1585 мм.

Рабочая подача по оси Y – 230 мм.

Рабочая подача по оси B – 240 град.

Рабочая подача по осям X2/Z2 – 220/1535 мм.

Ускоренные перемещения по осям X1/Y/Z1/A – 36/26/36/30 м/мин.

Ускоренные перемещения по осям X2/Z2 – 24/36 м/мин.

Ускоренные перемещения по осям C/B – 400/42 об/мин.

Максимальная скорость главного шпинделя и контршпинделя – 4000 об/мин.

Максимальная мощность главного шпинделя и контршпинделя – 26 кВт.

Максимальная скорость фрезерного шпинделя – 12000 об/мин.

Максимальная мощность фрезерного шпинделя – 22 кВт.

Количество инструментов в магазине фрезерной головки – 40 шт.

Количество инструментов в токарном револьвере – 12 шт.

Максимальная мощность приводного инструмента – 5,5 кВт.

Максимальная скорость приводного инструмента – 4000 об/мин.

Вес – 16 000 кг.

В проектном варианте предлагается установить мобильную контрольно-измерительную машину типа «Рука» производства ZETT MESS с манипулятором модели AMPG-P.

Компания ZETT MESS единственный германский производитель, работающий на мировом рынке с 1990 г. В результате своей работы компания разработала и запатентовала несколько особенных преимуществ своей продукции.

Благодаря своей конструкции и высокой мобильности данный тип измерительного оборудования идеально подходит для контроля геометрии изделий в условиях реального производства. Она легко устанавливается в любом необходимом месте: в цехе, на станине станка, в производственной линии, измерительной лаборатории. Она позволяет с высокой точностью проводить измерения геометрических элементов (окружностей, плоскостей, цилиндров, конусов и т. п.), их линейно-угловые размеры, отклонения от формы (круглость, плоскостность, цилиндричность и т. п.), взаимное расположение (параллельность, перпендикулярность, концентричность и т. п.).

Данная система применяется при контроле качества в лабораториях, при измерениях на производстве, для измерений крупногабаритных изделий, например при контроле износа, измерений в труднодоступных местах, в ограниченном пространстве, также для сканирования и оцифровки поверхностей при конструировании. АМРГ может комплектоваться фиксированным шупом, контактным модулем RENISHAW, лазерными сенсорами или измерительной головкой типа «Вилка» для сканирования поверхности труб. Измеренные данные записываются при нажатии кнопки или автоматически для передачи измеренного сигнала на компьютер.

### **Заключение**

В курсовом проекте был разработан технологический процесс механической обработки детали корпус 6923-3519242 из литой заготовки.

За основу разработки был взят технологический процесс изготовления рассматриваемой детали на открытом акционерном обществе «Минский завод колесных тягачей» (МЗКТ), в который после проведения анализа были внесены следующие изменения.

Проведя анализ базового способа получения заготовки, были сделаны следующие выводы. Контур заготовки максимально приближен к контуру детали – коэффициент использования материала равен 0,93. Большая часть поверхности детали не обрабатывается – коэффициент обработки поверхностей равен 0,43. Получаются все отверстия на детали. Способ является оптимальным для данного типа деталей и сплава.

Действующий технологический процесс совершенствовали следующим образом:

1. Произвести объединение операций 005–030 на один станок PUMA MX 2600 S. На этом станке можно производить одновременную обработку двух поверхностей с использованием двух шпинделей и двух револьверных головок. Имеющаяся возможность обработки по оси Y обеспечивает повышение производительности в два раза.

2. Использовать прогрессивный инструмент фирм «Sandvik Coromant», «Gühring» или «Mitsubishi», что позволит использовать прогрессивные режимы обработки.

3. Установить на операции окончательного контроля мобильной контрольно-измерительной машины типа «Рука» производства ZETT MESS с манипулятором модели AMPG-P, что позволит уменьшить время на измерения и увеличить качество контроля.

Приведен расчет режимов резания и нормирования на одну операцию механической обработки. Разработан новый технологический процесс обработки детали корпус 6923-3519242 из литой заготовки. Для предложенной технологии заполнена маршрутная карта.

### **Список использованных источников**

1. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учеб. пособие / В. В. Бабук [и др.]; под ред. В. В. Бабука. – Мн.: Выш. шк., 1987. – 255 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 1. – 656 с.

3. Режимы резания металлов. Справочник / под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972.

4. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках: единичное и мелкосерийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

5. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с.: ил.

6. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 496 с.

7. Романенко, В. И. Методические указания по оформлению технологической документации в курсовых и дипломных проектах / В. И. Романенко, В. А. Шкред. – Мн.: БГПА, 1992. – 72 с.

## Образец оформления маршрутной карты

ГОСТ 3.118-82										Форма 1					
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
Разраб.															
Консул.															
Рук. пр.															
Н. контр.															
Зав. каф.															
Катедра «Технология машиностроения»										КТМ 011100.00020					
Вал										КТМ 1010000001					
Сталь 40 X ГОСТ 4543-71															
Код	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры			КД	МЗ			
		Кг	2,7	1	1	0,72	Штамповка	17×171			1	3,6			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОДД	ЕН	ОП	Кшт.	Тшт.к		
03	005	4269 Фрезерно-центровальная			1	19479	4	121/Р	1	1	1	145	1	2,07	2,612
04		2Г942													
05															
06	010	4233 Токарная с ЧПУ													
07		1А616			1	16045	3	121/Р	1	1	1	145	1	0,63	1,57
08															
09	015	4165 Шлицефрезерная													
10		5350-А			1	19149	3	121/Р	1	1	1	145	1	0,19	1,98
11															
12															
13	020	Термообработка													
14															
15															
МК	МАРШРУТНАЯ КАРТА														



Учебное издание

**ШЕЛЕГ** Валерий Константинович  
**САКОВИЧ** Наталья Александровна  
**КРАЙКО** Сергей Эдуардович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Пособие

для студентов специальностей

1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»

1-37 01 02 «Автомобилестроение»

1-37 01 03 «Тракторостроение»

1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины»

1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт»

Редактор *П. П. Горбач*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 09.02.2023. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,64. Уч.-изд. л. 2,25. Тираж 100. Заказ 747.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.