

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления крышки гидронасоса
пластинчатого

| | | | |
|--------------|---|-------|------------------|
| Студент | <u>Л.А. Губаев</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Руководитель | <u>В.А. Гуляев</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Консультанты | <u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | <u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | <u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н, доцент Н.Ю. Логинов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Губаев Лев Андреевич. Технологический процесс изготовления крышки гидронасоса пластинчатого. Выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа). Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2018. 68 с.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрены вопросы проектирования техпроцесса изготовления детали «крышки гидронасоса пластинчатого» для среднесерийного типа производства.

Проведено исследование шероховатости поверхности при токарной обработке, которое предлагает обобщенную модель образования шероховатости поверхности и учитывает как геометрические параметры режущей части инструмента в сочетании с режимом точения, в частности, продольной подачей, так и вероятностные характеристики, что делает результаты моделирования адекватными реальным стохастическим процессам. Кроме того, использование специально разработанного подхода к разложению профилограммы шероховатости в ряды Фурье, позволяет выполнить частотный анализ полученных результатов, определить основные гармоники спектра и сопоставить восстановленный профиль с исходными геометрическими параметрами процесса резания.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1 Исходные данные | 5 |
| 2 Технологическая часть работы | 10 |
| 3 Проектирование системы автоматического управления | 32 |
| 4 Безопасность и экологичность технического проекта | 48 |
| 5 Экономическая эффективность работы | 53 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 57 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 58 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 61 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время исследованы силовые и тепловые характеристики процесса резания для разных видов обработки, составлены математические модели образования характеристик поверхностного слоя детали. По большей части такие математические модели имеют вид эмпирических зависимостей, с присущими им существенными недостатками относительно точности представления, адекватности и не имеют универсального характера, что затрудняет их непосредственное применение на производстве. Кстати, именно такой подход и его изъяны вынудили разрабатывать многочисленные справочники, а для требований производства - нормативы режима резания для определенной гаммы материалов и условий практической реализации.

Достаточно большой отрезок времени такое положение вполне устраивало производителей. Почему именно? Во-первых, не было реальной возможности учитывать все достижения теории резания, даже достаточно давние, а во-вторых, не было насущной потребности это делать. Metalлообработка резанием осуществлялась на универсальных, специальных или специализированных станках, автоматах и автоматических линиях. Часто знание оптимального режима резания при обработке резанием того или другого материала составляло ноу-хау каждого производства. Такую ситуацию можно считать вполне гармоничной, отвечающей определенному этапу в развитии metalлообработки и экономики. Разработанные нормативы использовались на производстве в основном при нормировании работ, а в справочниках зачастую даже отсутствуют сведения о математических моделях составляющих силы резания, не говоря уже о температурах при резании.

1 Исходные данные.

Деталь "Крышка гидронасоса пластинчатого", является частью гидронасоса пластинчатого и предназначена для обеспечения герметичности и создания рабочего давления в цилиндре. Обеспечение рабочего давления в цилиндре осуществляется за счет подачи сжатого воздуха через отверстие в крышке. Крышка присоединена к остальной части корпуса гидронасоса пластинчатого шестью болтами.

Крышка является стационарной деталью гидронасоса пластинчатого. Однако она испытывает ударные нагрузки со стороны поршня гидронасоса пластинчатого. Износу подвержены внутренние поверхности крышки непосредственно, вступающие в контакт с воздухом. Наличие в воздухе агрессивных сред способствует коррозии поверхностного слоя материала крышки. Поэтому в качестве материала крышки выбираем относительно недорогой, но материал с высокими прочностными характеристиками – сталь 40Х.

Классификация поверхностей.

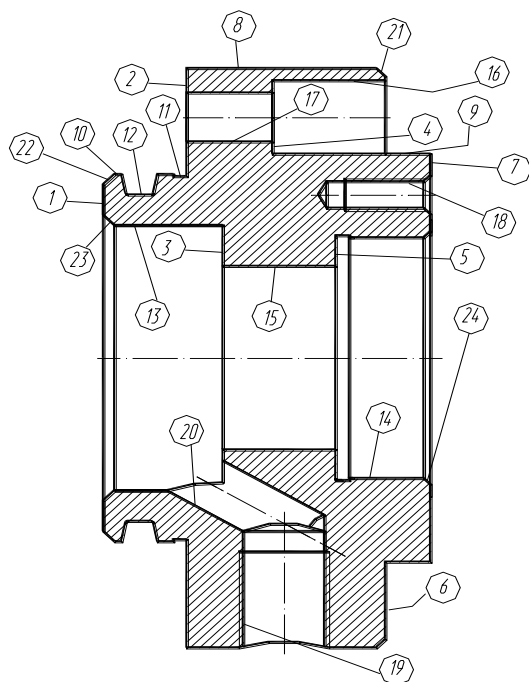


Рисунок 1.1 – Эскиз крышки гидронасоса пластинчатого.

На рисунке 1.1 представлен эскиз детали.

Исполнительные поверхности (И) крышки – внутренние цилиндрические поверхности 15, 19 и 20.

Основные – поверхность 10 и 2.

Вспомогательные конструкторские базы (ВБ) – торцовые поверхности 4, 5, 7; внутренние цилиндрические поверхности 14, 17; резьбовая поверхность 18; канавка под уплотнение – поверхность 12.

Свободные поверхности (С), не сопрягающиеся с другими деталями – торцовые поверхности 1, 3, 6; наружные цилиндрические поверхности 8, 9; внутренняя цилиндрическая поверхность 13, 16; фаски – поверхность 21, 22, 23, 24; канавка – поверхность 11.

Таблица 1.1

| Поверхность | | | Размеры | | | Форма, расположение | | Шероховатость, R_a | Твердость, HRC |
|-------------|-----|-------|--------------|------------|----------|---------------------|------------|----------------------|------------------|
| № | тип | форма | значение, мм | допуск, мм | квалитет | погрешность | допуск, мм | | |
| 1 | С | П | ↓90 | 0,87 | 14 | | | 12,5 | 43 |
| 2 | ОБ | П | ↓89/↓142 | 0,12 | 10 | ⊥ | 0,012 | 1,6 | |
| 3 | С | П | ↓65/↓45 | 0,084 | 10 | | | 12,5 | |
| 4 | ВБ | П | ↓13/↓20 | 0,52 | 14 | | | 12,5 | |
| 5 | ВБ | П | ↓45/↓59 | 0,084 | 10 | | | 12,5 | |
| 6 | С | П | ↓142/↓118 | 0,36 | 14 | | | 12,5 | |
| 7 | ВБ | П | ↓118 | 0,12 | 10 | ⊥ | 0,012 | 1,6 | |
| 8 | С | Ц | ↓142*44 | 1,00 | 14 | | | 12,5 | |
| 9 | С | Ц | ↓110*10 | 0,87 | 14 | О | 0,03 | 12,5 | |
| 10 | ОБ | Ц | ↓90*2,5 | 0,22 | 6 | | | 1,6 | |
| 11 | С | Ц | ↓89*5 | 0,87 | 14 | | | 12,5 | |
| 12 | ВБ | Ф | ↓84,4*4,8 | 0,14 | 12 | | | 2,5 | |
| 13 | С | ЦВ | ↓65*26,5 | 0,74 | 14 | | | 12,5 | |
| 14 | ВБ | ЦВ | ↓59*21 | 0,030 | 7 | | | 2,5 | |
| 15 | И | ЦВ | ↓45*25 | 0,025 | 7 | ◎ | 0,016 | 0,8 | |
| 16 | С | ЦВ | ↓20*25 | 0,52 | 14 | | | 12,5 | |
| 17 | ВБ | ЦВ | ↓13*19 | 0,43 | 14 | | | 12,5 | |

Продолжение таблицы 1.1

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----------|-------|----|--|--|------|
| 18 | ВБ | Ф | ↓6*23 | 0,15 | 6H | | | 12,5 |
| 19 | И | Ф | ↓18*30,5 | 0,224 | 6H | | | 12,5 |
| 20 | И | ЦВ | ↓12,5*25 | 0,43 | 14 | | | 12,5 |
| 21 | С | Ф | 2,5*45° | 0,25 | 14 | | | 12,5 |
| 22 | С | Ф | 2,5*45° | 0,25 | 14 | | | 12,5 |
| 23 | С | Ф | 2,5*45° | 0,25 | 14 | | | 12,5 |
| 24 | С | Ф | 1,5*45° | 0,25 | 14 | | | 12,5 |

В таблице приняты следующие обозначения формы поверхностей:

Ц– цилиндрическая наружная;

ЦВ– цилиндрическая внутренняя;

П – плоская;

Ф– фасонная.

Анализ технологичности детали

Анализ технологичности конструкции крышки гидронасоса пластинчатого будем осуществлять с помощью традиционных критериев.

Технологичность заготовки

Материал крышки – сталь 40Х ГОСТ 4543–79: $0.36–0.44\% C$, $0.17–0.37\% Si$, $0.8–1.1\% Cr$, $0.5–0.8\% Mn$.

Технологичность общей конструкции.

У закруглений и фасок радиусы будем выполнять по ГОСТу 10948 – 64, а форму и размеры будем выполнять по ГОСТу 1139 – 78. Таким образом, предлагаемая унификация значительно упростит механическую обработку и контроль составляющих элементов крышки.

Для обработки данной детали можно применит универсальное оборудование. Так же можно применить универсальную оснастку.

Все поверхности крышки гидронасоса пластинчатого доступны для контроля.

Таким образом, можно считать, что крышка гидронасоса пластинчатого является технологичной деталью.

Технологичность базирования и закрепления.

Трудности могут возникнуть при базировании крышки под обработку отверстия – поверхность 20. Поэтому на данной операции следует применять специальное приспособление для обеспечения минимальной погрешности базирования.

В остальных случаях базирование и закрепление не вызывает больших проблем.

2 Технологическая часть работы.

Выбор метода получения заготовки.

Как было сказано выше, в качестве заготовки для типа "крышка" средней сложности можно применить прокат, штамповку на ГКМ или отливку, полученную центробежным литьем. Однако наличие больших перепадов диаметров и отверстий – поверхности 13,14,15 делает нецелесообразным методом получения заготовки из проката. Поэтому остаются два варианта получения заготовки – штамповка на ГКМ и центробежное литье.

Суммарная стоимость тогда:

$$C_i = C_3 + C_{обр} \quad (2.1)$$

$$C_{3i} = C_m / 1000 * M_3 * K_{cn} * K_m * K_{cl} \quad (2.2)$$

или

$$C_m / 1000 * M_d / K_{um} * K_{cn} * K_m * K_{cl}, \quad (2.3)$$

где C_m – цена исходного материала руб./м, которая зависит от марки материала и его вида;

M_3 и M_d – масса заготовки и детали, кг.

$$M_d = \pi/4 * (40,5 + 887,216 + 100 - 95,4 - 50,625 - 73,101 - 60 - 19,266 - 4,968 - 9,882 - 3,125 + 70,47) * 0.007826 = 4,80 \text{ кг}$$

$$M_{31} = (\pi/4 * (d_1^2 * l_1 + d_2^2 * l_2 + d_3^2 * l_3 - d_4^2 * l_4) - \pi/3 * l_5 * (r_5^2 + r_5 * r_6 + r_6^2) - \pi/3 * l_7 * (r_4^2 + r_4 * r_7 + r_7^2)) * \rho,$$

$$M_{31} = (\pi/4 * (166.1168 + 1024.6401 + 110.123 - 47.91) - \pi/3 * 2.72 * 20.1675 - \pi/3 * 2.18 * 17.4025) * 0.007826 = 6.94 \text{ кг}$$

$$M_{32} = \pi/4 * (d_1^2 * l_1 + d_2^2 * l_2 + d_3^2 * l_3 - d_4^2 * l_4 - d_5^2 * l_5 - d_6^2 * l_6) * \rho,$$

Принимаем первый вариант – штамповку на ГКМ.

Выбор методов обработки поверхностей.

Принимаем согласно требованиям чертежа крышки ввести термообработку – закалку с высоким отпуском. Планируем термообработку после второго перехода.

Заготовка крышки – штамповка.

Согласно таблице 2.1 для обработки данной поверхности (6 квалитет, $R_a = 1.6 \text{ мкм}$) возьмем механическую обработку по таблице 2.1. Из таблицы 2.1 видно, что заданная точность достигается на 4 переходе, шероховатость – на 3 переходе. Следовательно, обработка должна включать 4 перехода.

Таблица 2.1 – Варианты обработки поверхности 10.

| № варианта | Номера переходов | | | | | K_y |
|------------|------------------|---------------|----|-------------|-------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 1 Т(12) | 1,6 Т(10) | ТО | 5,2 Т(8) | 8,2 Т(6) | 16 |
| 2 | 1 Т(12) | 1,6 Т(10) | | 5,2 Т(8) | 2,7 Ш(6) | 10,5 |
| 3 | 1 Т(12) | 1,6 Т(10) | | 2,4 Ш(8) | 2,7 Ш(6) | 7,7 |
| 4 | 1 Т(12) | 2,2 Ш(10) | | 2,4 Ш(8) | 2,7 Ш(6) | 8,3 |
| 5 | 2 Ш(12) | 1,6 Т(10) | | 5,2 Т(8) | 8,2 Т(6) | 17 |
| 6 | 2 Ш(12) | 1,6 Т(10) | | 5,2 Т(8) | 2,7 Ш(6) | 11,5 |
| 7 | 2 Ш(12) | 1,6 Тп(10) | | 2,4 Ш(8) | 2,7 Ш(6) | 8,7 |
| 8 | 2 Ш(12) | 2,2 Ш(10) | | 2,4 Ш(8) | 2,7 Ш(6) | 9,3 |

Свободная поверхность, поверхность 9 (10 квалитет, $R_a=12.5$) Т(12,12,5) – Тп(10,3,2)–ТО

Свободные поверхности, поверхность 8, канавка, пов.11 (14 квалитет, $R_a=12.5$):

Т(12;12.5)–ТО(12).

Уступ, поверхность 6 (14 квалитет, $R_a=12.5$):

Т(12;12.5)–ТО(12).

Уступ, поверхность 2 (10 квалитет, $R_a=1,6$):

Т(12;12.5)–Тп(10;3.2)–ТО(10)–Шп(10,1,6)

Торец, поверхность 1 (14 квалитет, $R_a=12,5$):

T(12;12,5)–ТО(12)

Торец, поверхность 7 (10 квалитет, $R_a=1,6$):

T(12;12,5)–Тп(10;3,2)–ТО(10)–Шп(10;1,6)

Канавка под уплотнение, поверхность 12 (12 квалитет, $R_a=2,5$):

T(12;12,5)–Тп(10,2,5)–ТО(10)

Отверстия под болты, поверхность 16, 17, 4 (14 квалитет, $R_a=12,5$):

C(12;12,5)–ТО(12)

здесь C– сверление;

Резьбовые отверстия, поверхность 18:

C(12;12,5)–РН(6Н)–ТО

здесь РН– резьбонарезание;

Внутренние поверхности, поверхность 13 (14 квалитет, $R_a=12,5$):

P(12;12,5)–ТО(12);

здесь P– растачивание, Рп– растачивание полуступовое;

Внутренние поверхности, поверхность 15 (7 квалитет, $R_a=0,8$):

P(12;12,5)–Рп(10;3,2)–ТО(10)–Шп(8;1,6)–Шч(7;0,8);

Внутренняя поверхность, поверхность 14, (7 квалитет, $R_a=2,5$):

P(12;12,5)–Рп(10;3,2)–ТО(10)–Шп(8;2,5)–Шч(7;2,5);

Внутренние уступы, поверхность 3, 5 (11 квалитет, $R_a=12,5$);

P(12;12,5)–Рп(10;3,2)–ТО(10)

Отверстие, поверхность 20 (14 квалитет, $R_a=12,5$):

C(12;12,5)–ТО(13);

Отверстие под патрубок, поверхность 19

C(12;12,5)–РН(6Н)–ТО.

Таблица 2.2 – Методы обработки.

| Номер поверхности | Вид | Квалитет | Шероховатость |
|-------------------|-----|----------|---------------|
| 1 | П | 14 | 12,5 |
| 2 | П | 10 | 1,6 |
| 3 | П | 10 | 12,5 |
| 4 | П | 14 | 12,5 |
| 5 | П | 10 | 12,5 |
| 6 | П | 14 | 12,5 |
| 7 | П | 10 | 1,6 |
| 8 | Ц | 14 | 12,5 |
| 9 | Ц | 10 | 12,5 |
| 10 | Ц | 6 | 1,6 |
| 11 | Ц | 14 | 12,5 |
| 12 | Ф | 12 | 2,5 |
| 13 | Ц | 14 | 12,5 |
| 14 | ЦВ | 7 | 2,5 |
| 15 | ЦВ | 7 | 0,8 |
| 16 | ЦВ | 14 | 12,5 |
| 17 | ЦВ | 14 | 12,5 |
| 18 | Ф | 14 | 12,5 |
| 19 | Ф | 14 | 12,5 |
| 20 | ЦВ | 14 | 12,5 |
| 21 | Ф | 14 | 12,5 |
| 22 | Ф | 14 | 12,5 |
| 23 | Ф | 14 | 12,5 |
| 24 | Ф | 14 | 12,5 |

Расчет припусков на обработку.

Таблица 2.3 – Припуски.

| № перехода | Наименование перехода | Точность | | Составляющие припуска | | | Припуск, мм | | | Предельные размеры, мм | | | | | |
|------------|-----------------------|----------|-------|-----------------------|----------|---------------|---------------------------|-----------|----------|-----------------------------|-----------|----------|---------------------------|--|--|
| | | квалитет | T_d | a | Δ | ε | Z_{MIN} | Z_{MAX} | Z_{CP} | d_{MIN} | d_{MAX} | d_{CP} | | | |
| 0 | Штамповка | – | 2,5 | 0,4 | 0,625 | – | – | – | – | 94,30 | 96,80 | 95,55 | | | |
| 1 | Т | 12 | 0,35 | 0,2 | 0,09 | 0,28 | 1,08 | 2,5 | 1,79 | 91,79 | 92,14 | 91,96 | | | |
| 2 | Тп | 10 | 0,14 | 0,1 | 0,04 | 0,12 | 0,35 | 0,60 | 0,47 | 90,95 | 91,09 | 91,02 | | | |
| ТО | Закалка | 10 | 0,14 | 0,25 | 0,04 | – | – | – | – | 90,95 | 91,09 | 91,02 | | | |
| 3 | Шп | 8 | 0,054 | 0,05 | 0,013 | 0,07 | 0,328 | 0,425 | 0,376 | 90,242 | 90,652 | 90,269 | | | |
| 4 | Шч | 6 | 0,022 | 0,01 | 0,005 | 0,07 | 0,121 | 0,165 | 0,143 | 89,981 | 90,00 | 89,990 | | | |
| | | | | | | | $2Z_{MIN}=4,3 \text{ мм}$ | | | $2Z_{MAX}=6,819 \text{ мм}$ | | | $2Z_{CP}=5,56 \text{ мм}$ | | |

Припуски $2Z$ на остальные поверхности определены и уточнены по результатам расчета припуска на поверхность 10:

по поверхности 8 : $2Z=3,5 \text{ мм}$;

по поверхности 9 : $2Z=3,5 \text{ мм}$;

по поверхности 13 : $2Z=3 \text{ мм}$;

по поверхности 14 : $2Z=4 \text{ мм}$;

по поверхности 15 : $2Z=4 \text{ мм}$.

Припуски по торцам: по поверхностям 1, 7 составляют 2,5 мм на сторону; по поверхностям 3,5 составляют 1,75 мм на сторону; по поверхностям 2,6 составляют 2,25 мм на сторону.

Проектирование заготовки.

Заготовку проектируем в соответствии с указаниями. Результаты расчетов будем вносить в таблицу 2.4.

- 1) Вычерчиваем эскиз заготовки. Размеры обозначаем буквами русского алфавита.
- 2) В графу 1 таблицы 2.4. заносим обозначение размеров заготовки. В графу 2 заносим номинальные размеры детали. В графу 3 заносим среднее значение припуска $2Z$.
- 3) Определяем расчетные размеры d_p заготовки путем прибавления к номинальному размеру детали (графа 2) припуска (графа 3) и заносим их в графу 4 таблицы 2.4. Проставляем расчетные размеры на эскизе заготовки.
- 4) Определим допуски Td на размеры заготовки. Заносим значения Td в графу 5 таблицы 2.4.

Допуски на охватываемые размеры расположены несимметрично, примерно $2/3$ в "+", а $1/3$ в "-". Допуски на внутренние размеры согласно рекомендации устанавливаем с обратными знаками.

Согласно рекомендациям округляем размеры поковки с точностью до 0,5 мм. Заносим отклонения в графы 7 и 8 таблицы 2.4.

По полученным размерам выполняем рабочий чертеж заготовки крышки гидронасоса пластинчатого.

Плоскость разъема штампа устанавливаем примерно посередине ширины заготовки по наибольшему диаметру и вдоль оси заготовки. Положение верх-низ показываем стрелкой.

В качестве черновых технологических баз принимаем поверхности: 9 и уступ 7.

По указаниям принимаем штамповочные уклоны 5° ;

радиусы переходов $R=4$ мм;

допустимая величина облоя $T_o=1$ мм;

допустимое смещение штампа $T_c=0,8$ мм;

допустимое отклонение от прямолинейности $T_n=0.4$ мм.

Таблица 2.4 – Размеры и поля допусков заготовки.

| Обозначение размера | Размер детали, мм | Припуск $2Z$, мм | Допуск Td , мм | Номинальный размер d_H , мм | Отклонения, мм | |
|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------------|--------|
| | | | | | верхнее | нижнее |
| 2А | 90 | 6 | 2,5 | 96 | +1,60 | -0,90 |
| 2Б | 65 | 3 | 2,5 | 62 | +0,90 | -1,60 |
| 2В | 45 | 4 | 2,2 | 41 | +0,80 | -1,40 |
| 2Г | 59 | 4 | 2,5 | 55 | +0,90 | -1,60 |
| 2Д | 100 | 3,5 | 2,8 | 103,5 | +1,80 | -1,00 |
| 2Е | 142 | 3,5 | 2,8 | 145,5 | +1,80 | -1,00 |
| Ж | 25 | 3,5 | 2,2 | 28,5 | +1,40 | -0,80 |
| И | 33 | 4 | 2,2 | 37 | +1,40 | -0,80 |
| К | 44 | 4,5 | 2,5 | 48,5 | +1,60 | -0,90 |
| Л | 54 | 4,5 | 2,5 | 58,5 | +1,60 | -0,90 |
| М | 72,5 | 5 | 2,5 | 77,5 | +1,60 | -0,90 |
| Н | 26,5 | 3 | 2,2 | 29,5 | +1,40 | -0,80 |

Анализ известных и разработка нового технологического маршрута.

Технологический маршрут разрабатываем в следующей последовательности.

В графу 1 таблицы 2.5. выписываем столбиком номера поверхностей.

В графу 2 выписываем буквенные обозначения размеров каждой поверхности.

Для каждой поверхности в графе 3 записываем последовательность обработки.

В графы 1 и 2 таблицы 2.5. выписываем из типового ТП номер и наименование операции, а в графе 3 проставляем номера поверхностей, обрабатываемых на этих операциях. По мере заполнения графы 3 таблицы 2.5. в графе 3 таблицы 2.5. отмечаем задействованные операции

Анализируем маршрут на предмет возможного объединения операций (разделения).

Записываем окончательный вариант маршрута (в таблицу 2.5), в графе 4 проставляем номера операций числами через 5 или 10, в графу 5 – код и наименование операции.

Таблица 2.5 – Определение технологического маршрута.

| № операции п/п. | Наименование операции. | Обрабатываемые поверхности. | Номера операций. | Код и наименование операции. |
|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------------|
| 1 | Токарно–расточная | 1,2,3,10,13,15 | 010 | 14 – токарная |
| 2 | Токарно–расточная | 5,6,7,8,9,14 | 020 | |
| 3 | Токарная чистовая | 5,7,9,14 | 030 | 14 – токарная |
| 8 | ТО (закалка с отпуском) | все поверхности | 080 | |
| 9 | Внутришлифовальная п/чистовая | 14,15 | 090 | 16 – шлифовальная |
| 10 | Шлифовальная чистовая | 7 | | |
| 11 | Шлифовальная чистовая | 2,10 | 100 | 16 – шлифовальная |
| 12 | Внутришлифовальная чистовая | 14,15 | 110 | 16 – шлифовальная |
| 13 | Шлифовальная чистовая | 7 | | |
| 14 | Шлифовальная чистовая | 2,10 | 120 | 16 – шлифовальная |

В окончательном варианте технологического маршрута произвели объединение операций: 9 и 10; 12 и 13 (внутришлифовальной и шлифовальной).

Это сделано ввиду наличия универсального внутришлифовального станка для шлифования внутренних поверхностей и наружного торца за один установ.

Разработка схем базирования.

На операции №020 токарной в качестве технологической базы используем ось и торец уступа поверхности 1¹⁰. Ось вала материализуем наружной

цилиндрической поверхностью 10^{10} . Здесь мы отошли от принципа совмещения баз ввиду того, что нам необходимо обработать поверхность 8^{00} .

На операции №030 токарной в качестве технологической базы используем ось, материализованную наружной цилиндрической поверхностью, поверхность 8^{20} . В качестве опорной базы примем торец 2^{10} .

На операции №040 токарной в качестве баз используем наружную цилиндрическую поверхность 9^{30} и торец 7^{30} .

На операции №050 сверлильной в качестве направляющей базы используем ось, материализованную в виде поверхности 10^{40} , торец 2^{40} (опорная база).

На операции №060 сверлильной в качестве баз используем ось, материализованную в виде поверхности 10^{40} , уступ поверхности 2^{40} .

На операции №070 сверлильной в качестве баз используем центровые отверстия и уступ поверхности 8^{40} .

На операции №090 шлифовальной в качестве баз используем наружную цилиндрическую поверхность 8^{80} и торец уступа поверхности 2^{80} .

На операции №100– шлифовальной, в качестве баз используем наружную цилиндрическую поверхность пов. 9^{80} и торец 7^{80} .

На операции №110– шлифовальной, в качестве баз используем наружную цилиндрическую поверхность пов. 8^{80} и торец 2^{100} .

На операции №120 – шлифовальной, в качестве баз используем наружную цилиндрическую поверхность пов. 9^{80} и торец 7^{110} .

План обработки.

С целью более наглядного представления ТП для его анализа, составляем план обработки детали "Крышка гидронасоса пластинчатого"

План обработки представлен на чертеже.

Выбор СТО.

Таблица 2.6 – Выбор оборудования.

| Номер операции | Станок | Заготовка, мм | Мощность главного привода, кВт | Скорость главного движения, об/мин | Габариты станка, мм | Масса, т |
|----------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------|----------|
| 10 | Токарный 16Б05ВФ3 | 250*350 | 2,35 | 20–4000 | 1700*960*1430 | 1,4 |
| 20 | | | | | | |
| 30 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| 50 | Вертикально–сверлильный 2Р135Ф2–1 | 400*710 | 3,7 | 45–2000 | 1800*2170*2700 | 4,7 |
| 60 | Вертикально–сверлильный 2Н125 | 400*450 | 2,2 | 45–2000 | 915*785*2350 | 0,88 |
| 70 | | | | | | |
| 90 | Внутришлифовальный 3К227В | 400*125 | 4 | 9000–12000 | 2815*1900*1750 | 4,3 |
| 100 | Торцекруглошлифовальный 3Т160 | 280*710 | 17 | 1250 | 3754*4675*2245 | 8,11 |
| 110 | Внутришлифовальный 3К227В | 400*125 | 4 | 9000–12000 | 2815*1900*1750 | 4,3 |
| 120 | Торцекруглошлифовальный 3Т160 | 280*710 | 17 | 1250 | 3754*4675*2245 | 8,11 |

Выбор приспособлений.

Таблица 2.7 – Приспособления.

| Номер операции | Операция | Приспособление |
|----------------|-------------------|---|
| 10,20 | Токарная черновая | Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий спирально-реечный ГОСТ 2675-80 |
| 30,40 | Токарная чистовая | |
| 50 | Сверлильная | Специальное приспособление |
| 60 | Сверлильная | Кондуктор наладиваемый специальный |
| 70 | Сверлильная | Специальное приспособление |
| 90 | Шлифовальная | Патрон мембранный ГОСТ 3889-80 |
| 100 | Шлифовальная | Патрон трехкулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80 |
| 110 | Шлифовальная | Патрон мембранный ГОСТ 3889-80 |
| 120 | Шлифовальная | Патрон трехкулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80 |

Выбор режущего инструмента (РИ).

Таблица 2.8 – Выбор РИ.

| Номер операции | Наименование операции | ИМ | Геометрия режущей части | Режущий инструмент |
|----------------|-----------------------|-----------|---|---|
| 10 20 | Токарная черновая | Т5К1 0 | $\varphi=91^\circ$, $\gamma=15^\circ$ | Резец–вставка ОСТ 2.И.10–1–83 |
| | | | $\varphi=95^\circ$, $\gamma=15^\circ$ | Резец расточной ГОСТ 18883–73 |
| 30 40 | Токарная чистовая | Т15К 6 | $\varphi=91^\circ$, $\gamma=15^\circ$ | Резец–вставка ОСТ 2.И.10–1–83 |
| | | | $\varphi=95^\circ$, $\gamma=15^\circ$ | Резец расточной ГОСТ 18883–73 |
| | | | | Резец фасонный |
| 50 | Сверлильная | Р6М5 | $\psi=50^\circ, \alpha=12^\circ$ | Сверло спиральное ГОСТ 10903–77 |
| | | Р6М5 | $\gamma=12^\circ, \alpha=10^\circ$ | Зенковка цилиндрическая тип 2 ↓19 ГОСТ 11284–75 |
| | | Р6М5 | $\psi=50^\circ, \alpha=12^\circ$ | Ступенчатое сверло под М6*1 ОСТ 2.И.21–1–76 |
| | | Р18 | $\varphi=7^\circ$ | Машинный метчик М6–6Н ОСТ 2 И52–1–74 |

Продолжение таблицы 2.8

| | | | | |
|-----|--------------|-------------|----------------------------------|--|
| 60 | Сверлильная | P6M5 | $\psi=50^\circ; \alpha=12^\circ$ | Спиральное сверло ↓18,5 ГОСТ 4010–77 |
| | | P18 | $\varphi=7^\circ$ | Метчик M20*6H ОСТ 2–И52–1–74 |
| 70 | Сверлильная | P6M5 | $\psi=50^\circ; \alpha=12^\circ$ | Спиральное сверло ↓12,5 ГОСТ 4010–77 |
| 90 | Шлифовальная | 24A40CM26K5 | | Круги шлифовальные по ГОСТ 2424–83 ПП 30*30*10 |
| | | 24A16CM26K5 | | ЧЦ 70*30*20 |
| 100 | Шлифовальная | 91A25CM28K7 | | ЗП 300*20*40 |
| 110 | Шлифовальная | 24A16CM28K5 | | ПВ 30*30*10 |
| | | 24A16CM27K5 | | ЧЦ 70*30*20 |
| 120 | Шлифовальная | 91A16CM28K7 | | ЗП 300*20*40 |

5.4. Выбор средств контроля.

Таблица 2.9 – Выбор средств контроля.

| № операции | Контролируемый размер | Допуск, мм | Квалитет точности | Мерительный инструмент | Измерительное (контрольное устройство) |
|------------|-----------------------|------------|-------------------|---|--|
| 10 | 2А=100 | 0,35 | 12 | ШЦ–Ш (штангенциркуль) ГОСТ 166–80 | |
| | 2Б=65 | 0,30 | | | |
| 20 | 2Г=59 | 0,30 | 12 | ШЦ–Ш (штангенциркуль) ГОСТ 166–80 | |
| | 2Д=90 | 0,35 | | | |
| | 2Е=142 | | | | |
| 30 | 2Г=59 | 0,12 | 10 | ШЦ–Ш (штангенциркуль) ГОСТ 166–80 | |
| | 2Д=90 | 0,14 | | | |
| 40 | 2А=100 | 0,14 | 10 | ШЦ–Ш (штангенциркуль) ГОСТ 166–80 | |
| | 2В=45 | 0,12 | | | |
| | 2Ъ=85 | 0,14 | | Калибры–пробки | |
| 50 | 2Ф=19 | 0,21 | 12 | Калибры–пробки | |
| | 2Х=13 | 0,18 | | Калибры–пробки | |
| | 2Ц–М6 | 0,08 | 6Н | Калибры–пробки | |
| 60 | 2Ш–М20 | 0,19 | 6Н | Калибры–пробки | |
| 70 | 2Щ=12,5 | 0,18 | 12 | Калибры–пробки | |
| 90 | 2В=45 | 0,039 | 8 | | БВ–4100 (датчик активного контроля) |
| | 2Г=59 | 0,046 | | | |

Продолжение таблицы 2.9

| | | | | | |
|-----|-------|-------|---|--|--|
| 100 | 2А=90 | 0,054 | 8 | | БВ–4100 (датчик активного контроля) |
| 110 | 2В=45 | 0,025 | 7 | | БВ–4100 (датчик активного контроля) |
| | 2Г=59 | 0,030 | | | |
| 120 | 2А=90 | 0,022 | 6 | | БВ–4100 (датчик активного контроля) |

Проектирование ТО.

Переход. Точить последовательно по контуру торец 7 \downarrow 100(-0.35) в размер M ; фаску, выдерживая $2,5*45^\circ$; поверхность 9, выдерживая $d=100-0,35$ мм; торец 6, выдерживая $l=10\pm 0,09$; фаску, $2,5*45^\circ$, поверхность 8, выдерживая $d=142-0,40$ мм.

Определим $S_0=0,9$ мм/об.

Определим $V_0=126$ м/мин

$$V=V_0*K_1*K_2*K_3*K_4, \quad (2.4)$$

Тогда $V=126*1,15*0,88*0,65*0,81=67,13$ м/мин.

Расчет режимов резания с ЧПУ на операцию 50 сверлильную.

Переход. Сверлить 6 отверстий поверхность 17, выдерживая размеры $\downarrow 13+0,18$ мм, $l=45$ мм.

1. Подача $S_0=0,25$ мм/об.

2. Скорость резания

$$V = V_T * K_{VM} * K_{VI} * K_{Vd} * K_{V0} * K_{VT} * K_{Vb}, \quad (2.5)$$

где V_T – табличное значение скорости резания;

K_{VT} – коэффициент, учитывающий фактическую стойкость инструмента;

K_{VI} – коэффициент, учитывающий длину сверления;

$V_{TI}=40$ м/мин.

$K_{VM}=0,85$ $K_{VI}=0,91$ $K_{Vd}=0,9$ $K_{V0}=1,0$ $K_{VT}=1,0$ $K_{Vb}=1,0$

$V_I=40*0,85*0,91*0,9*1,0*1,0*1,0=27,846$ м/мин.

Частота определяется как $n=1000V/(\pi*D)$

$n=1000*27,846/(3,14*13)=681,82$ об/мин.

$n_\phi=630$ об/мин; $V_\phi=630*13*3,14/1000=25,71$ м/мин.

$$T_0 = n_{\text{отв}} * L_{p.x.} / S, \quad (2.6)$$

Окончательно по формуле (2.6) имеем:

$T_0=6*47/157,5=1,79$ мин.

Переход. Зенкеровать 6 отверстий, поверхность 16, выдерживая размеры $\downarrow 19+0,21$; $l=26$ мм

1. Подача $S_0=0,25$ мм/об.

2. Скорость резания при зенкеровании

$$V = V_T * K_{VM} * K_{VII} * K_{vd} * K_{v0} * K_{VT} * K_{VII}, \quad (2.7)$$

где V_T – табличное значение скорости резания;

K_{VT} – коэффициент, учитывающий фактическую стойкость инструмента;

K_{VII} – коэффициент учитывающий состояние обрабатываемой поверхности.

$$V_{T2} = 19 \text{ м/мин.}$$

$$K_{VM} = 0,85 \quad K_{VII} = 0,91 \quad K_{vd} = 0,9 \quad K_{v0} = 1,0 \quad K_{VT} = 1,0 \quad K_{VII} = 1,0$$

$$V_2 = 19 * 0,85 * 0,91 * 0,9 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 13,22 \text{ м/мин.}$$

Частота определяется как $n = 1000V / (\pi * D)$

$$n = 1000 * 13,22 / (3,14 * 19) = 221,4 \text{ об/мин.}$$

$$n_\phi = 250 \text{ об/мин; } V_\phi = 250 * 19 * 3,14 / 1000 = 14,915 \text{ м/мин.}$$

Тогда:

$$T_0 = 6 * 27 / 62,5 = 2,592 \text{ мин.}$$

Переход. Сверлить размеры $\sqrt{4,9}$ мм; $l = 23$ мм.

1. Подача $S_0 = 0,07$ мм/об.

2. Скорость резания

$$V_{T3} = 38 \text{ м/мин}$$

$$K_{VM} = 0,85 \quad K_{VII} = 0,91 \quad K_{vd} = 1,0 \quad K_{v0} = 1,0 \quad K_{VT} = 1,0 \quad K_{VI} = 0,9$$

$$V_3 = 38 * 0,85 * 0,91 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 0,9 = 26,45 \text{ м/мин.}$$

Частота определяется как $n = 1000V / (\pi * D)$

$$n = 1000 * 26,456 / (3,14 * 4,9) = 1718,6 \text{ об/мин}$$

$$n_\phi = 1600 \text{ об/мин; } V_\phi = 1600 * 4,9 * 3,14 / 1000 = 24,61 \text{ м/мин}$$

Минутная подача:

$$S = S_0 * n = 0,07 * 1600 = 112 \text{ мм/мин.}$$

Тогда:

$$T_0 = 3 * 23,6 / 112 = 0,63 \text{ мин.}$$

Переход. Нарезать резьбу М6 в 3-х отверстиях поверхность 18, выдерживая размер $l = 19$ мм.

1. Подача $S_{04} = P_{н.р} = 1$ мм/об.

2. Скорость резания при нарезании резьбы:

$$V = V_T * K_{Vd} * K_{VI} \quad (2.8)$$

$$V_{T4} = 8,3 \text{ м/мин.}$$

$$K_{Vd} = 0,5 \quad K_{VI} = 1,0$$

$$V_4 = 8,3 * 0,5 * 1,0 = 4,15 \text{ м/мин.}$$

Частота определяется как $n = 1000V / (\pi * D)$

$$n = 1000 * 4,15 / (3,14 * 4,9) = 269,7 \text{ об/мин.}$$

$$n_{\phi} = 250 \text{ об/мин; } V_{\phi} = 250 * 4,9 * 3,14 / 1000 = 3,8465 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача:

$$S = S_0 * n = 1 * 250 = 250 \text{ мм/мин.}$$

Тогда:

$$T_0 = 3 * 19,6 / 250 = 0,235 \text{ мин.}$$

Расчет на операцию 80 шлифовальную.

На данную операцию проведем расчет режимов резания аналитическим методом.

Данная операция выполняется за один переход метолом врезного шлифования.

Эффективная мощность при врезном шлифовании периферией круга:

$$N = C_N * V_3^r * s_p^y * d^q * b^z, \quad (2.9)$$

где d – диаметр шлифования;

b – ширина шлифования;

V_3 – скорость вращения заготовки;

s_p – значение радиальной подачи;

C_N, r, y, q, z – коэффициенты и показатели степени.

Имеем $C_N = 0,14$; $r = 0,8$; $x = 0,8$; $y = 0,55$; $q = 0,2$; $z = 1,0$

$V_3 = \pi * d * n_3 / 1000 = 3,14 * 90 * 200 / 1000 = 56,52$ м/мин;

$s_p = 0,003$ мм/об;

$d = 90$ мм;

$b = 44,5$ мм.

Окончательно по формуле (2.9) имеем:

$$N = 0,14 * 56,52^{0,8} * 0,003^{0,55} * 90^{0,2} * 44,5^{1,0} = 15,83 \text{ кВт}$$

Имеем: $N_n > N_p$, т.к. $17 > 15,83$.

Основное время найдем по формуле:

$$T_0 = L / (n_3 * S_p) * K, \quad (2.10)$$

где $L=0,376$ мм – глубина шлифования;

$K=1,2$ – коэффициент выхаживания

Тогда по формуле (2.10) найдем:

$$T_0=0,376/(200*0,003)*1,2=0,752 \text{ мин.}$$

6.2. Расчет норм времени.

Таблица 2.11 – Нормы времени.

| Наименование и номер операции | T_0 , мин | φ | $T_{шк}$, мин |
|-------------------------------|-------------|-----------|----------------|
| 020 Токарная с ЧПУ | 0,53 | 2,14 | 1,13 |
| 050 Сверлильная с ЧПУ | 5,247 | 2,15 | 11,28 |
| 100 Шлифовальная | 0,5 | | 1,93 |

3 Проектирование системы автоматического управления.

Поверхности деталей, обработанных резанием, имеют микронеровности, которые определяют их отклонение от номинального профиля – идеального геометрического образа. Такие неровности называют шероховатостью, параметры которой определяются по ГОСТ 2189-82 и измеряются в пределах стандартного участка.

Итак, под шероховатостью понимают совокупность неровностей.

Полученные зависимости построены, исходя из анализа кинематики процесса обработки и формы режущей части инструмента. Ясно, что в таком представлении влияние всех случайных составляющих процесса целиком игнорируется, что не соответствует действительности.

Поэтому были предложены формулы расчета параметров шероховатости, полученные эмпирическим путем. Такие модели имеют все недостатки, присущие эмпирическим зависимостям.

Теоретический профиль состоит из дуг окружностей с радиусом, равным радиусу округления вершины резца (рисунок 3.1, а). При реальном процессе обработки на такой профиль накладывается случайная составляющая (рисунок 3.1, б) и фактический профиль обработанной поверхности имеет вид, показанный на рисунке 3.1, в.

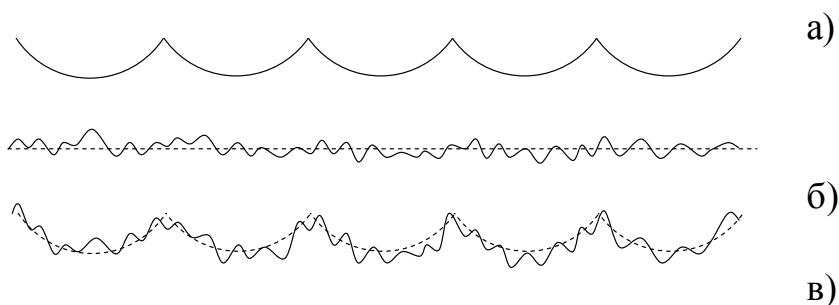


Рисунок 3.1 – Разложение профиля на составляющие.

В зависимости от технологических факторов и условий процесса резания в модели может превалировать та или другая составляющая.

Таким образом, можно рассматривать профиль шероховатости обработанной поверхности детали как сумму всех случайных отклонений, наложенную на идеальный, геометрически рассчитанный профиль. Как следствие, профиль шероховатости будет иметь вероятностный характер, который был сформирован в результате сложных стохастических процессов, происходящих в ТОС во время резания.

Поэтому для создания математической модели формообразования профиля детали при токарной обработке сначала необходимо определить идеальный профиль обработанной поверхности.

В детерминированных моделях шероховатости высота гребешка идеального профиля определяет параметр R_z , который, в свою очередь, будет определять главную гармонику разложения профиля поверхности в ряд Фурье.

Из анализа формообразования идеального профиля шероховатости (рисунок 3.2) видно, что он может образовываться, в зависимости от соотношения геометрических параметров режущей части инструмента и продольной подачи на оборот детали, четырьмя разными путями.

Вершина гребешка профиля (точка A на рисунке 3.2) может образовываться пересечением двух дуг округления вершины резца (рисунок 3.2, а), пересечением прямолинейной вспомогательной режущей кромки с дугой округления (рисунок 3.2, б), пересечением прямолинейной главной режущей кромки с дугой округления (рисунок 3.2, в) и, наконец, пересечением двух прямолинейных режущих кромок – главной и вспомогательной (рисунок 3.2, г).

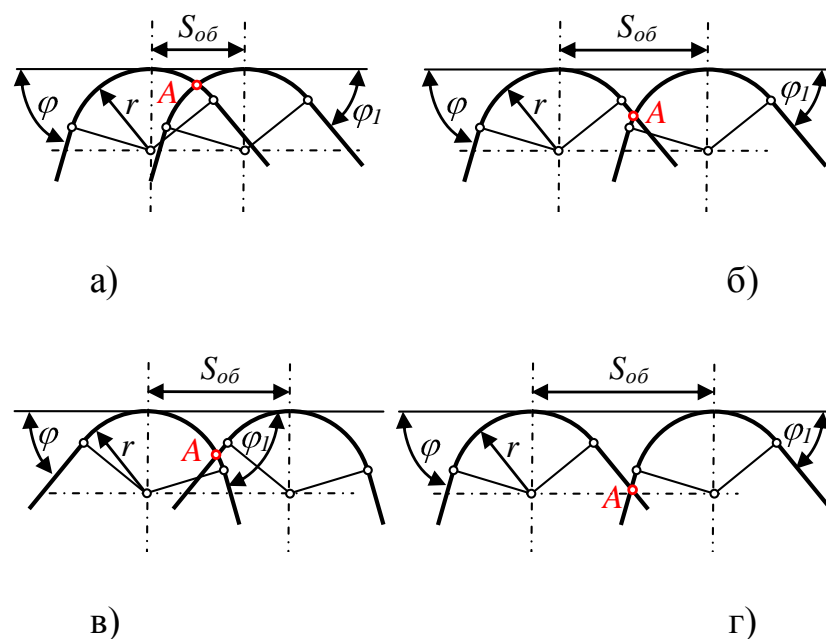


Рисунок 3.2 – Образование идеального профиля шероховатости.

Ниже приведена методика определения зависимости параметра R_z шероховатости поверхности, обработанной точением, для соотношений геометрических параметров режущей части инструмента и продольной подачи на оборот, которые образуют случай, показанный на рисунке 3.2, г.

На схеме формообразования шероховатости (рисунок 3.3) показаны два соседних положения режущей части инструмента в плане. Режущая часть определяется следующими геометрическими параметрами: главный угол φ , вспомогательный угол φ_1 и радиус округления r .

Из геометрических соотношений рисунке 3.3 можно получить следующие зависимости:

$$bc = r \cdot \operatorname{tg}(\varphi_1 / 2), \quad ab = r \cdot \operatorname{tg}(\varphi / 2), \quad (3.1)$$

откуда

$$ac = r \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right). \quad (3.2)$$

Из треугольников Ofd и O_1fd по тригонометрическим соотношениям можно получить:

$$fd = Of \cdot \operatorname{tg}(\varphi_1), \quad (3.3)$$

$$O_1f = S_{ia} - Of, \quad (3.4)$$

$$fd = O_1f \cdot \operatorname{tg}(\varphi). \quad (3.5)$$

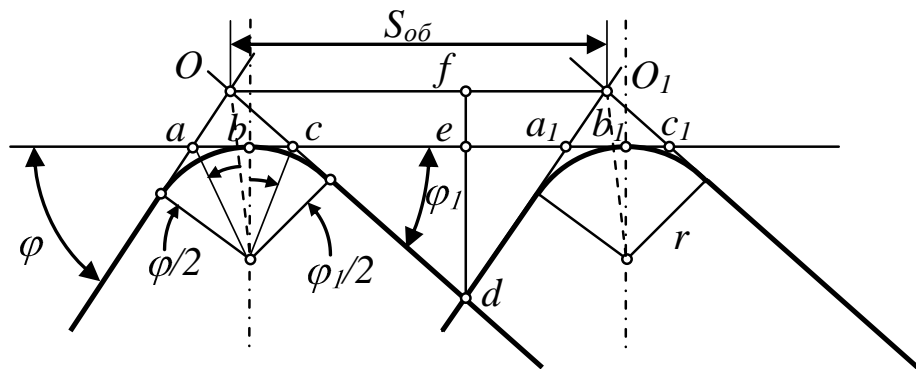


Рисунок 3.3 – Определение R_z при точении.

После подстановки выражений (3.3) и (3.5) в (3.4) получаем:

$$Of \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = S_{ia} - Of \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

откуда:

$$Of = \frac{S_{ia} \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi}. \quad (3.6)$$

Подставим (3.6) в (3.3) и получим формулу для определения параметра R_z шероховатости при $r = 0$:

$$fd = \frac{S_{ia} \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1}. \quad (3.7)$$

Из треугольника aOc , применяя аналогичный подход (как и в предыдущем случае) и считая сторону ac как подачу на оборот S_{ob} , получаем высоту треугольника:

$$fe = \frac{ac \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1}. \quad (3.8)$$

Подставим (3.2) в (3.8):

$$fe = \frac{r \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1}. \quad (3.9)$$

Таким образом, после несложных алгебраических преобразований, учитывая зависимости (3.7) и (3.9), можно получить:

$$R_z = ed = fd - fe = \frac{S_{ia} \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 - r \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1},$$

откуда окончательно:

$$R_z = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1} \left[S_{ia} - r \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right) \right]. \quad (3.10)$$

По аналогичным методикам можно найти зависимости параметра R_z в детерминированных моделях и для других случаев, которые представлены на рисунке 3.2.

Однако, учитывая широкое использование вычислительной техники для решения задач машиностроения, наиболее универсальным способом получения детерминированной составляющей математической модели шероховатости поверхности является численный способ. В таком случае математическая модель будет составлена в виде цифровых массивов, которые будут представлять дискретную геометрическую модель идеального профиля.

Построение алгоритма удобно рассмотреть с использованием схемы на рисунке 3.4. Он должен определять дискретную модель $z = f(x)$ с выбранным шагом изменения аргумента x и состоит из следующих процедур.

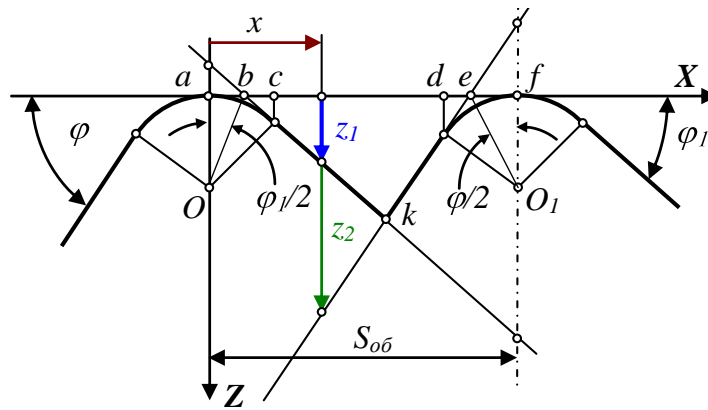


Рисунок 3.4 – Схема определения дискретной геометрической модели идеального профиля шероховатости.

Сначала необходимо определить диапазоны изменения аргумента, при котором идеальный профиль формируется дугой круга. Из геометрических соотношений схемы на рисунке 3.4 можно получить:

$$ac = r \sin(\varphi_1), \quad df = r \sin(\varphi). \quad (3.11)$$

На таком диапазоне изменения аргумента идеальный профиль представлен зависимостью, которая описывает окружность:

$$z = r - \sqrt{r^2 - x^2}. \quad (3.12)$$

Теперь нужно определить уравнение двух прямых, которые образованы режущими кромками инструмента и также могут формировать идеальный профиль шероховатости поверхности. Прямая, образованная вспомогательной режущей кромкой, определяется зависимостью:

$$z = (r - ab) \cdot \operatorname{tg}(\varphi_1), \quad (3.13)$$

где $ab = r \cdot \operatorname{tg}(\varphi_1 / 2)$.

Прямая, образованная главной режущей кромкой, определяется зависимостью:

$$z = (f - x) \cdot \operatorname{tg}(\varphi), \quad (3.14)$$

Если начало системы координат совпадает с точкой а, то алгоритм можно построить по схеме на рисунке 3.5.

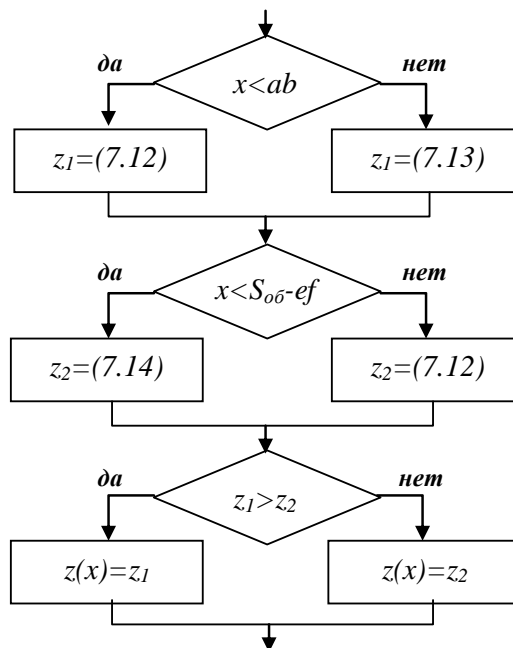


Рисунок 3.5 – Блок-схема алгоритма.

Принцип действия алгоритма объясняется на схеме на рисунке 3.4, где для аргумента x представлены величины z_1 и z_2 . Алгоритм выполняется с выбранным шагом изменения аргумента до тех пор, пока аргумент не будет большим, чем $S_{об}$. В результате образуется массив, который представляет

фрагмент идеального профиля шероховатости поверхности, т.е. детерминированной составляющей композиционной модели.

Теперь необходимо определить случайные отклонения: закон распределения и параметры установленного закона. Образование шероховатости поверхности происходит в процессе обработки, когда на идеальный профиль, который формируется режущими кромками инструмента, накладываются разные случайные отклонения.

Такие случайные отклонения можно разделить по их природе на:

- отклонение формы режущих кромок инструмента от их геометрических образов (прямая, дуга круга) вследствие как шероховатости первичной заточки, так и изнашивания в процессе резания;
- отклонение образованной поверхности детали вследствие процесса резания в зависимости от материала заготовки и соотношения упругих и пластических деформаций в зоне резания;
- отклонение образованной поверхности детали вследствие вибраций ТОС во время резания;
- отклонение образованной поверхности детали вследствие нестабильного стружкообразования и нароста.

Как свидетельствует анализ экспериментальных исследований, в первом приближении все случайные составляющие можно представить нормальным законом распределения, для идентификации которого достаточными параметрами являются центр группирования и среднеквадратичное отклонение.

Что касается влияния указанных выше случайных составляющих, то при его оценке целесообразно опираться на результаты статистического анализа профилограмм поверхностей, обработанных при разных условиях. Исключением, в определенном смысле, является случайная компонента, которая обусловлена колебаниями ТОС во время резания. Такая компонента отличается от всех других случайных составляющих тем, что ее изменение

фиксируется на профилограмме поверхности, которая измеряется по образующей детали, с периодом, равным времени одного оборота детали.

В обобщенной композиционной модели, которая состоит из детерминированной периодической составляющей и случайной нормальной компоненты, плотность распределения последней в значительной степени определяется уровнем показателя, величина которого изменяется в диапазоне от 0 до 1. При $\gamma = 0$ профиль содержит только периодическую составляющую, при $\gamma = 1$ – реализацию случайного стационарного процесса. Величина γ несет в себе важную информацию о физических особенностях процесса обработки. В работе приведены некоторые сведения, подтвержденные экспериментальными данными, которые использованы при составлении математической модели образования профиля поверхности при точении. Зависимость уровня случайной компоненты в профилограмме от режима резания при точении увеличивается от чернового до чистового точения: черновое – $\gamma = 0,15...0,31$; получистовое – $\gamma = 0,31...0,62$; чистовое – $\gamma = 0,62...0,80$. Такая закономерность объясняется тем, что случайная составляющая, которая зависит от физических явлений (наростообразование, скалывание, вырывание) слабо зависит от детерминированной составляющей, которая при чистовых режимах уменьшается.

Уровень случайной составляющей зависит также от обрабатываемого материала. Экспериментально установлено, что при обработке бронзы $\gamma = 0,60$ и при обработке латуни $\gamma = 0,30$. Выявленная закономерность объясняется тем, что на поверхности материалов, при обработке которых возникают скалывания (чугун, бронза) или вырывание (сталь) создается шероховатость с большим уровнем и наоборот, на поверхности мягких, пластических материалов, где контур инструмента копируется почти без искажений, уровень малый, а в профилограмме шероховатости превалирует периодическая детерминированная составляющая.

Однако, в зависимости от физических явлений, которые сопровождают процесс обработки того или другого материала, уровни случайной составляющей должны корректироваться в функции скорости резания. Такая коррекция обуславливается тем, что для разных материалов существуют зависимости наростообразования от скорости резания, установленные экспериментальным путем. Так, при точении такие зависимости имеют вид, приведенный на рисунке 3.6.

Следует заметить, что для адаптации традиционных зависимостей к принятой композиционной модели, по оси ординат принят уровень случайной составляющей.

Приведенный характер зависимостей связан с наростообразованием при резании. Например, для конструкционных и легированных сталей перлитно-ферритного класса (линия 1 на рисунке 3.6) в зоне малых скоростей резания ($V = 5..10$ м/мин) наростообразование не происходит, при $V = 20..30$ м/мин максимальное наростообразование, с увеличением скорости резания нарост уменьшается и за границей 80 м/мин он почти полностью отсутствует.

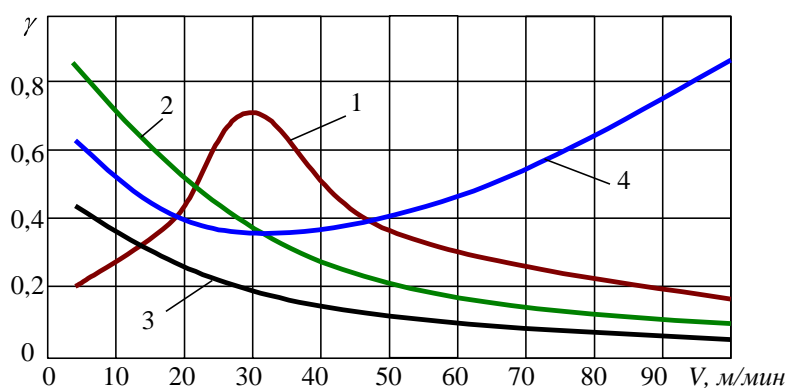


Рисунок 3.6 – Зависимость уровня от скорости резания:

1 – углеродистые и легированные стали, 2 – жароустойчивые и нержавеющие сплавы, 3 – хрупкие материалы, 4 – легкие сплавы.

Поскольку наиболее полную информацию о профилограмме шероховатости поверхности можно получить из ее частотного анализа с помощью синус- и косинус-преобразований Фурье, ниже изложен математический аппарат, который применяется для выполнения таких преобразований.

Профилограмма поверхности, которая получена при измерении на реальном профилографе-профилометре, представляет собой аналоговый сигнал. Тем не менее, применение ЭВМ для математической обработки таких сигналов приводит к необходимости их дискретизации – т.е. представлению в цифровой форме. При таком преобразовании сигналов возникает проблема сохранения информации, содержащейся в исходном сигнале, в его дискретной копии, а также точности восстановления сигнала по его дискретной копии.

Принимая во внимание ограниченный период наблюдения, все функции могут разделяться на периодические и непериодические. Ранее было доказано, что композиционная модель образования шероховатости поверхности состоит из детерминированной периодической составляющей и случайной составляющей, т.е. модель является стохастической. Таким образом, периодическая функция с периодом X раскладывается в ряд Фурье по формуле:

$$y(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \omega_0 n x + b_n \sin \omega_0 n x), \quad (3.15)$$

где $\omega_0 = 2\pi/X$, $n = 1, 2, 3, \dots$ – номера гармоник. Коэффициенты разложения (3.15) рассчитываются по известным формулам:

$$a_n = \frac{2}{X} \int_{-\frac{X}{2}}^{+\frac{X}{2}} y(x) \cos \omega_0 n x dx, \quad b_n = \frac{2}{X} \int_{-\frac{X}{2}}^{+\frac{X}{2}} y(x) \sin \omega_0 n x dx.$$

Воспользовавшись формой представления в комплексных числах (формула Эйлера-Фурье):

$$Y(nf_0) = \frac{1}{2}(a_n - jb_n),$$

где $j = \sqrt{-1}$, $f_0 = \omega_0/2\pi$, получаем:

$$Y(nf_0) = \frac{1}{X} \int_{-\frac{x}{2}}^{+\frac{x}{2}} y(x) e^{-2\pi j n f_0 x} dx. \quad (3.16)$$

Зависимость (3.16) представляет весь спектр сигнала, величину в общем смысле комплексную, как спектр амплитуд:

$$|Y(nf_0)| = \frac{1}{2} \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

и спектр фаз:

$$\varphi(nf_0) = \operatorname{arctg}\left(-\frac{b_n}{a_n}\right).$$

По представленным выше зависимостям в прикладной программе, с помощью которой выполняется лабораторная работа, рассчитывается спектр исходной профилограммы и выполняются обратные преобразования для получения восстановленного по дискретной копии сигнала.

Основные характеристики (рисунок 3.7) определяются на основе измерений. Высота неровностей по 10 точкам – параметр R_z – рассчитывается как:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}, \quad (3.17)$$

где y_{pi} , y_{vi} – наибольшие высота и глубина профиля соответственно, измеренные от средней линии.

Среднеарифметическое отклонение профиля – параметр R_a – рассчитывается как:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \approx \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n}, \quad (3.18)$$

где y_i – отклонение профиля, измеренное от средней линии, n – количество измерений на базовой длине.

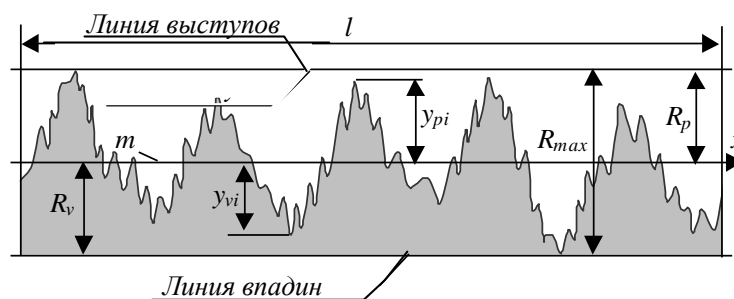


Рисунок 3.7 – Шероховатость поверхности.

Наибольшая высота неровностей профиля – параметр R_{max} – рассчитывается как сумма высоты наибольшего выступа R_p профиля и глубины R_v наибольшей впадины профиля:

$$R_{max} = R_p + R_v . \quad (3.19)$$

Обычно шероховатость поверхности оценивают одним из приведенных выше параметров (R_a или R_z), а базовую длину измерений выбирают по таблице 3.1 (ГОСТ 2189-82).

Таблица 3.1 – Соотношение R_z , R_a и базовой длины l

| R_a , мкм | | R_z , мкм | | l , мм |
|-------------|-----------|-------------|-----------|----------|
| <i>от</i> | <i>до</i> | <i>от</i> | <i>до</i> | |
| 0 | 0,025 | 0 | 0,10 | 0,08 |
| 0,025 | 0,4 | 0,10 | 1,6 | 0,25 |
| 0,4 | 3,2 | 1,6 | 12,5 | 0,8 |
| 3,2 | 12,5 | 12,5 | 50 | 2,5 |
| 12,5 | 100 | 50 | 400 | 8 |

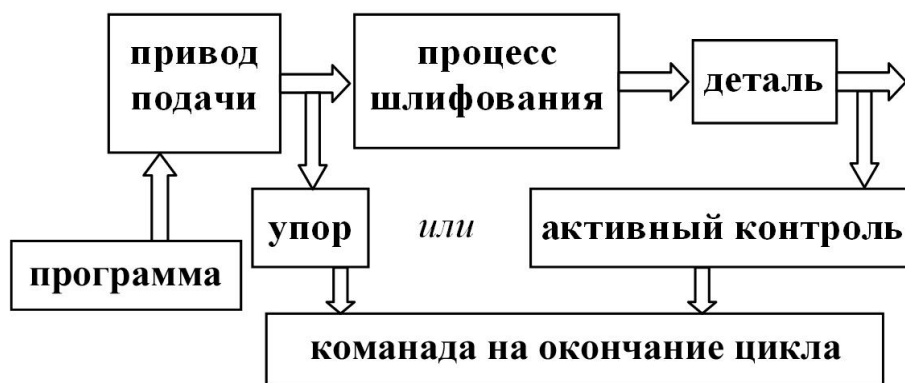


Рисунок 3.8.а – Структурная схема САУ без обратной связи.

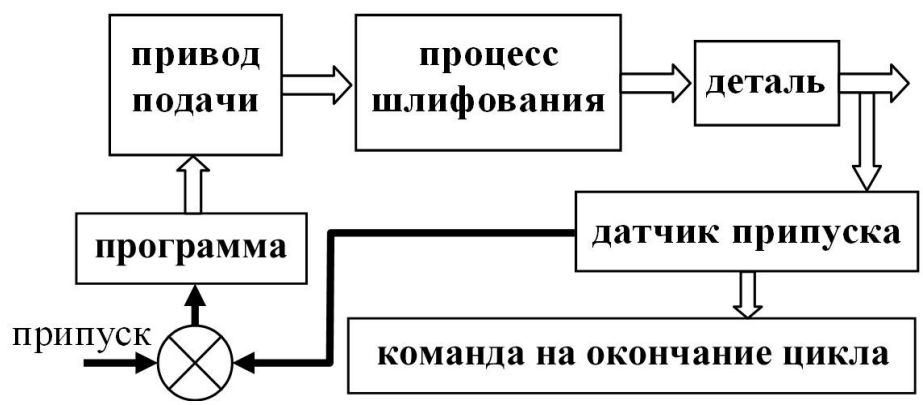


Рисунок 3.8.б – Структурная схема САУ с обратной связью.

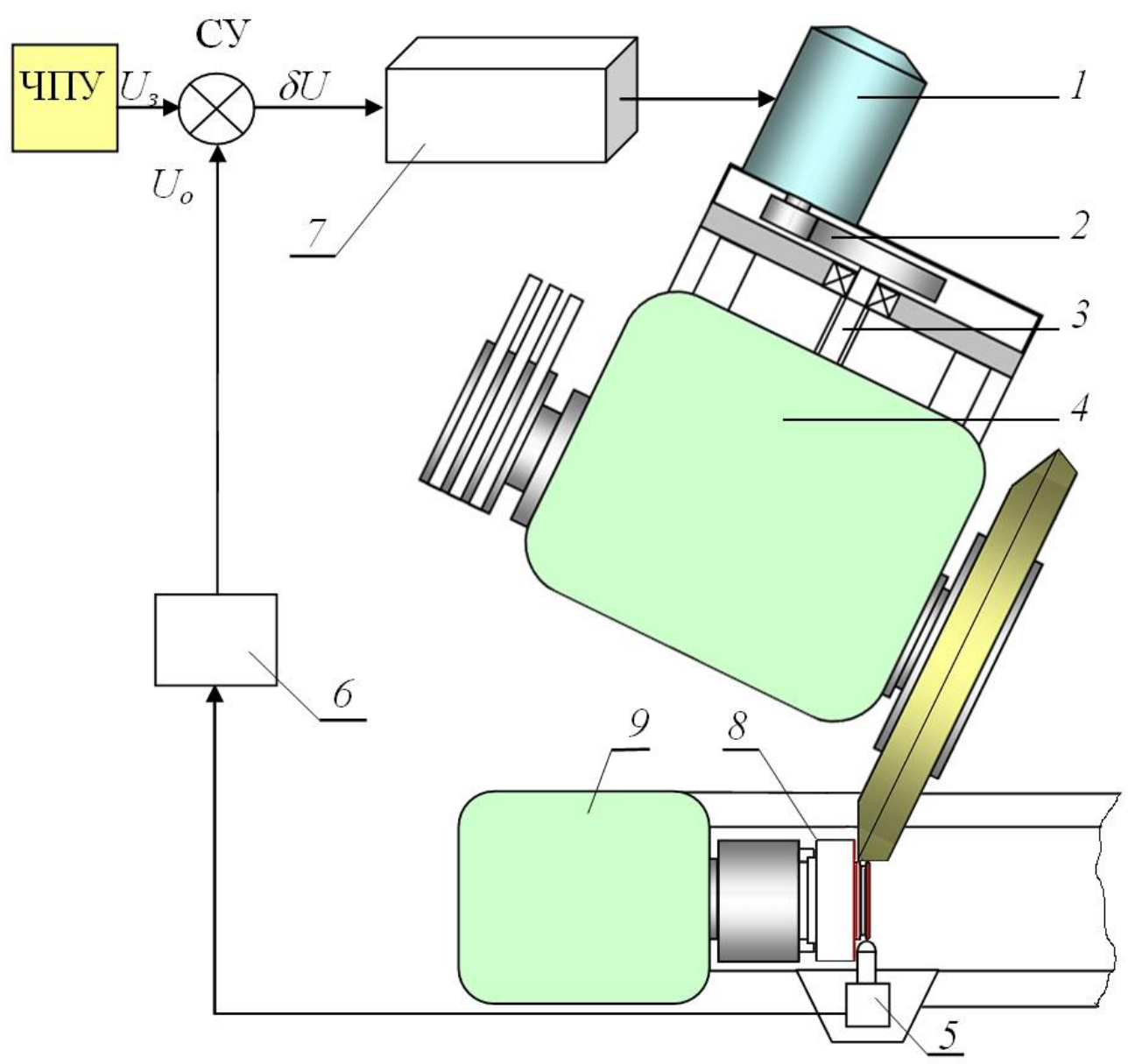


Рисунок 3.9 – Функциональная схема САУ.

4 Безопасность и экологичность технического объекта.

В процессе выполнения рабочими своим должностных обязанностей они могут подвергать себя рискам и в конечном итоге не исключено получение производственных травм. В данном разделе представлено задействованное оборудование и вредные воздействия, которые могут возникнуть при несоблюдении техники безопасности. Описаны мероприятия, выполнение которых сведет получение производственных травм к минимуму.

Тема ВКР: «Технологический процесс изготовления крышки гидронасоса пластинчатого»

Анализ был проведен в соответствии с методикой, указанной в источнике.

4.1 Назначение участка

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «крышка гидронасоса пластинчатого».

4.2 Планировка рассматриваемого участка

Производственная площадь – представляет собой площадь, которая занята производственным оборудованием и местами для рабочих возле этого оборудования.

Вспомогательная площадь – представляет собой площадь, на которой располагаются вспомогательные подразделения, такие как: ремонтные и инструментальные службы, лаборатории, склады, служебно-бытовые помещения, а также межцеховые магистральные проезды.

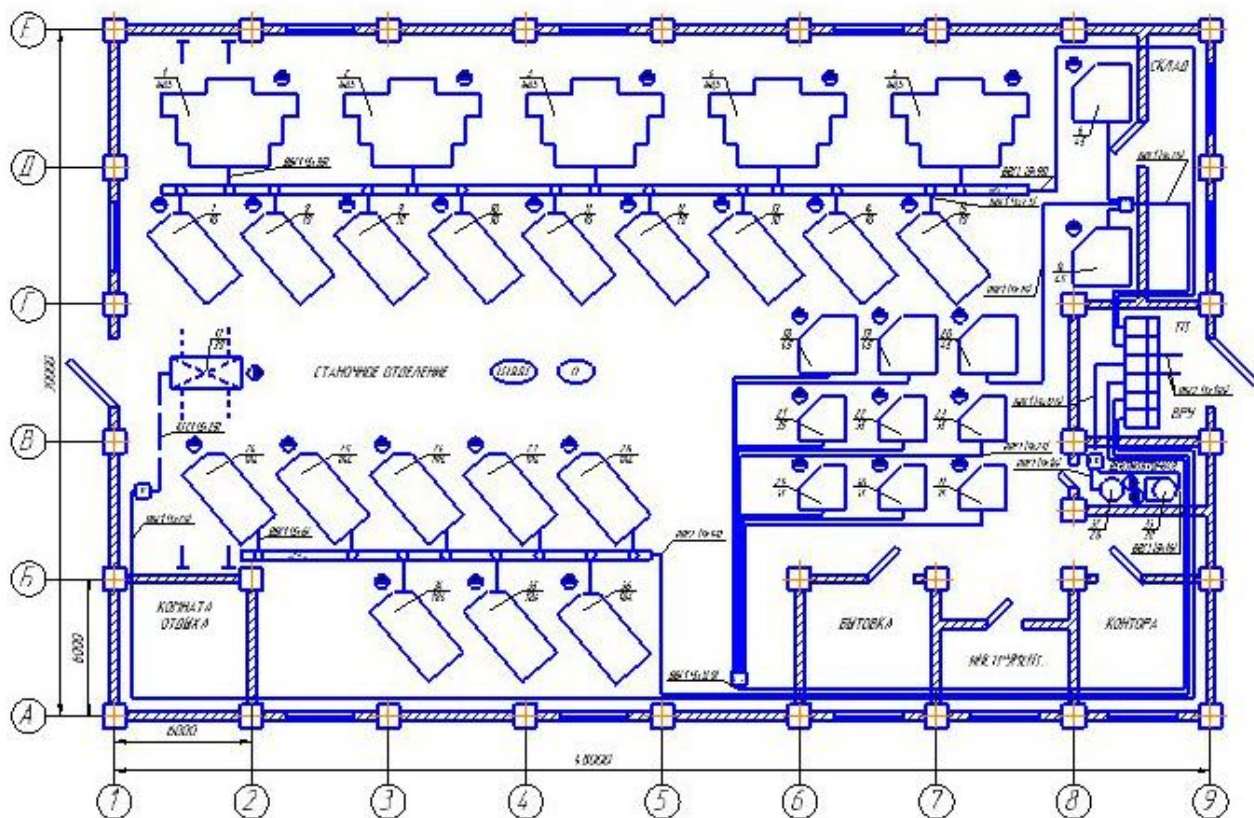


Рисунок 4.1 – План участка.

4.3 Состав оборудования

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Состав оборудования

| № п/п | Оборудование | Количество, шт. |
|--------|-----------------------------------|-----------------|
| 1 | Токарный 16Б05ВФ3 | 4 |
| 2 | Вертикально-сверлильный 2Р135Ф2-1 | 1 |
| 3 | Вертикально-сверлильный 2Н125 | 2 |
| 4 | Внутришлифовальный 3К227В | 1 |
| 5 | Торцекруглошлифовальный 3Т160 | 1 |
| 6 | Внутришлифовальный 3К227В | 1 |
| 7 | Торцекруглошлифовальный 3Т160 | 1 |
| Итого: | | 11 |

Таблица 4.2 – Технологический маршрут обработки детали «Крышка гидронасоса пластинчатого»

| Наименование цеха | Номер операции | Наименование операции | Применяемое оборудование | Содержание операции |
|-------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Механический | 010 | Токарная | Токарный 16Б05ВФ3 | Точение предварительное |
| Механический | 020 | Токарная | Токарный 16Б05ВФ3 | Точение предварительное |
| Механический | 030 | Токарная | Токарный 16Б05ВФ3 | Точение предварительное |
| Механический | 040 | Токарная | Токарный 16Б05ВФ3 | Точение окончательное |
| Механический | 050 | Сверлильная | Вертикально–сверлильный 2Р135Ф2–1 | Сверление окончательное |
| Механический | 060 | Сверлильная | Вертикально–сверлильный 2Н125 | Сверление предварительное |
| Механический | 070 | Сверлильная | Вертикально–сверлильный 2Н125 | Сверление окончательное |
| Механический | 090 | Шлифовальная | Внутришлифовальный 3К227В | Шлифование |
| Механический | 100 | Шлифовальная | Торцекруглошлифовальный 3Т160 | Шлифование |
| Механический | 110 | Шлифовальная | Внутришлифовальный 3К227В | Шлифование |
| Механический | 120 | Шлифовальная | Торцекруглошлифовальный 3Т160 | Шлифование |

Поскольку была улучшена технологическая операция: точение предварительное 020, то идентификацию по рискам будем проводить только по этой операции.

4.2 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 4.3 – Вредные производственные факторы

| № п/п | Технологические операции | Вредные производственные факторы | Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия |
|-------|--------------------------|--|--|
| 1 | Точение | <ol style="list-style-type: none"> 1. Отлетающая стружка 2. Высокая температура на поверхности обрабатываемой детали 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Установка защитного экрана. Использование скребкового и одношнекового транспортера для удаления стружки. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования. 4. Использование акустических экранов, противозумных наушников. Установка на оборудования виброизолирующих опор. |
| 2 | Шлифование | <ol style="list-style-type: none"> 1. Попадание частиц абразивных материалов на изделие и в рабочую зону 2. Высокая температура на поверхности шлифовального круга и обрабатываемой заготовки 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Наличие защитного экрана. Удаление отходов в металлическую тару с последующей утилизацией по мере наполнения емкости. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования. 4. Использование акустических экранов, противозумных |

Продолжение таблицы 4.3

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудования виброизолирующих опор. |
|--|--|--|---|

В процессе выполнения данного раздела был проанализирован состав вредных и опасных факторов на описываемом производстве, предложены меры, которые помогут снизить воздействия опасных и вредных факторов.

5 Экономическая эффективность работы.

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

В рамках данной бакалаврской работы разрабатывается технологический процесс изготовления крышки гидронасоса пластинчатого, подробное описание которого представлено в предыдущих разделах. Также в предыдущих разделах описаны условия совершенствования операции 020 Токарной, в результате которых удалось достичь сокращения ее трудоемкости.

Для выполнения этой операции применяется токарный станок с числовым программным управлением, модель 16Б05ВФ3. В качестве оснастки используется патрон 3-хкулачковый самоцентрирующий спирально-реечный ГОСТ 2675-80. Для выполнения всех закрепленных за данной операцией процессов применяется набор инструментов, в который входят: резец вставка ОСТ 2.И.10-1-83, резец расточной ГОСТ 18883-73, резец фасонный.

Результатом предложенного совершенствования операции 020, как говорилось выше, стало снижение трудоемкости ее выполнения на 21,5%, т.е. трудоемкость снизилась с 1,44 до 1,13 минут.

На диаграмме (рисунок 5.1) представлены основные изменения параметров, участвующих в формировании технологической себестоимости, которые наглядно показывают, на сколько, изменятся эти величины.

Для определения каждой величины, указанной на рисунке 5.1, использовалась методика расчета элементов технологической себестоимости и пакет программного обеспечения Microsoft Excel.

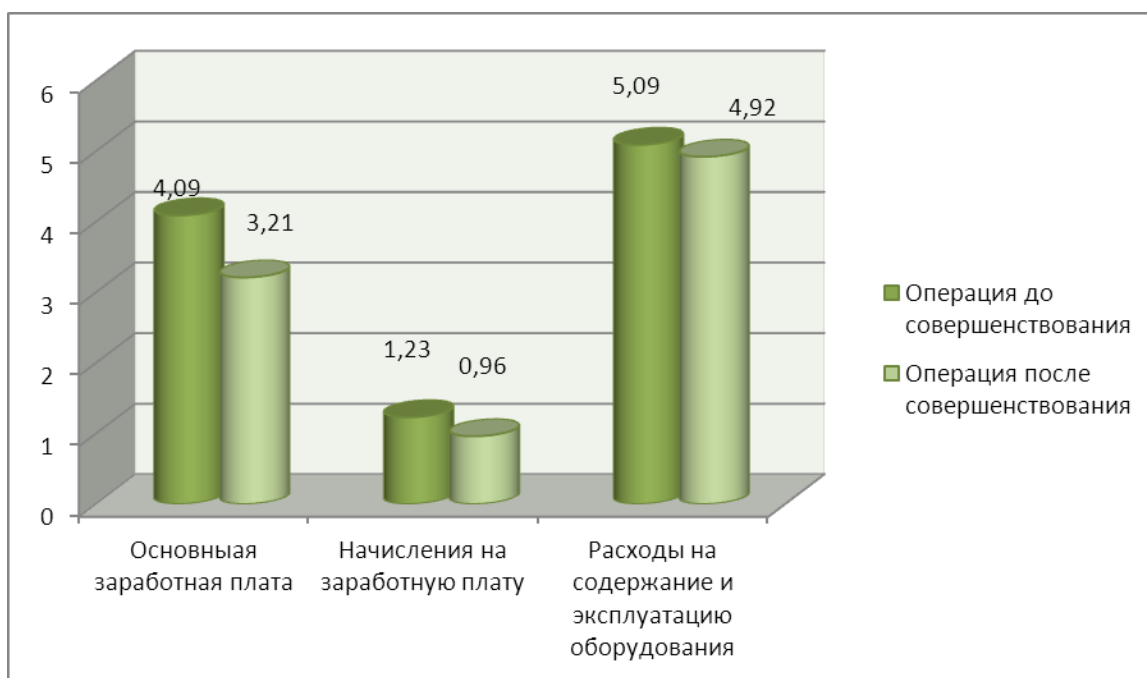


Рисунок 5.1 – Изменение величин параметров, входящих в технологическую себестоимость, руб.

Предложенные совершенствования токарной операции не предполагают изменения заготовки, поэтому затраты, связанные материалом, меняться не будут, соответственно данный параметр исключаем из расчетов, т.к. он не будет оказывать влияние на конечный результат расчета.

Так же из рисунка 5.1 видно, что наибольшее влияние на технологическую себестоимость оказывают основная заработная плата и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Но благодаря предложенному совершенствованию эти затраты удалось сократить, совокупное значение изменений составит 1,31 руб., а с учетом программы выпуска данная величина ожидаемой экономии будет равна 6550 рублей, что уже не кажется такой незначительной.

Данное изменение, безусловно, окажет прямое влияние на величину полной себестоимости изготовления крышки. Для определения значения полной себестоимости воспользуемся методикой калькулирования. В

результате проведенных расчетов, полная себестоимость по совершенствованной операции составит 20,84 руб., а до совершенствования она составляла – 2537 руб., т.е. совершенствование позволило сократить полную себестоимость на 4,53 руб., что составляет 17,9%.

Далее проанализируем изменения, связанные с общими капитальными затратами до и после совершенствования операции 020 Токарной. На диаграмме (рисунок 5.2) представлены величины основных затрат по сравниваемым вариантам операции 020.



Рисунок 5.2 – Динамика изменения элементов общих капитальных затрат в операцию 020 Токарную, руб.

Анализируя, представленные на диаграмме (рисунок 5.2), статьи капитальных затрат, можно заметить, что сопутствующие капитальные вложения в проектируемый вариант операции 020 возрастают, в то время как остальные затраты уменьшаются. Это связано с тем, что данная величина учитывает такие величины как затраты в проектирование, которых уже нет в

базовом варианте, поэтому они увеличивают конечный результат этого значения. Именно по этому, общие капитальные затраты увеличиваются, но говорить о негативном воздействии на проектный вариант технологического процесса еще рано.

Для получения конечного результата о целесообразности внедрения данных совершенствований, дополнительно проведем расчет экономической эффективности работы. Для этого также будет использоваться пакет программного обеспечения Microsoft Excel и специальная методика расчета по экономическому обоснованию целесообразности внедрения предлагаемых мероприятий.

В результате проведенных расчетов был получен положительный результат чистого дисконтированного дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 6852,24 руб., а прибыль на каждый вложенный рубль (индекс доходности) составила 1,2 руб./руб. Представленные значения позволяют сделать окончательный вывод о целесообразности внедрения предложенных совершенствований по технологическому процессу изготовления крышки гидронасоса пластинчатого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной работы проведено исследование шероховатости поверхности при токарной обработке, которое предлагает обобщенную модель образования шероховатости поверхности и учитывает как геометрические параметры режущей части инструмента в сочетании с режимом точения, в частности, продольной подачей, так и вероятностные характеристики, что делает результаты моделирования адекватными реальным стохастическим процессам. Кроме того, использование специально разработанного подхода к разложению профилограммы шероховатости в ряды Фурье, позволяет выполнить частотный анализ полученных результатов, определить основные гармоники спектра и сопоставить восстановленный профиль с исходными геометрическими параметрами процесса резания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
2. Байкалова, В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: Учебное пособие. / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. – 105 с.
3. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: Учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. – 568 с.
4. Гельфгат, Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных техникумов. – М. : Высшая школа, 1986. – 271 с.
5. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.- методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –52 с.
6. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация.
7. ПОТ Р М-004-97 Межотраслевые правила по охране труда при использовании химических веществ.
8. ГОСТ 12.3.025-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Обработка металлов резанием. Требования безопасности (с Изменением N 1).
9. Данилевский, В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения. / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М.: Высш. шк., 1988. – 222 с.
10. Ермолаев, В.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: Учебник. / В.В. Ермолаев, А.И. Илянков. – М.: Издательский центр «Академия », 2015. – 336 с.

- 11.Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.
- 12.Зуев, А.А. Технология машиностроения. – 6-е издание, исправленное и дополненное – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 496 с.
- 13.Иванов, И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 198 с.
- 14.Иванов, И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 223 с.
- 15.Ильенков, А.И. Технология машиностроения: Учебное пособие. / А.И. Ильенков, В.Ю. Новиков. – М.: Издательский центр «Академии», 2017. – 432 с.
- 16.Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 229 с.
- 17.Клепиков, В.В. Технология машиностроения: Учебник. / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М.: ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.
- 18.Клепиков, В.В. Технология машиностроения: Учебник. / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов и др. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 387 с.
- 19.Ковшов, А.Н. Технология машиностроения: Учебник. – 2-е издание, исправленное. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 320 с.
- 20.Колокатов, А.М. Шлифование абразивным и алмазным инструментом: Учебное пособие. / А.М. Колокатов, В.Н. Байкалова. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. – 76 с.
- 21.Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2012. – 400 с.
- 22.Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие. / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М.: Машиностроение, 2005. – 304 с.

23. Курчаткин, В.В. Надежность и ремонт машин: Учебник для студентов вузов. / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
24. Маталин, А.А. Технология машиностроения: Учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 512 с.
25. Некрасов, С.С. Технология машиностроения. / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. – М.: Колос, 2005. – 360 с.
26. Приходько, И.Л. Проектирование заготовок: Учебное пособие. / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М.: Издательство РГАУ–МСХА, 2016. – 171 с.
27. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 330 с.
28. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: Учебник. – М.: КНОРУС, 2013. – 336 с.
29. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 352 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта.

| Разраб. | | Губаев Л.А. | | ТГУ | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|-----|----------------------------------|-------|--------------------------------|------|-----------------------|-------------------|----|----|------|-----|--------|---------|------|--|--|
| Провер. | | Гуляев В.А. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утв. | | Логинев Н.Ю. | | Крышка гидронасоса пластинчатого | | | | | | | | | | КП | | | | |
| Н. контр. | | Виткалов В.Г. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| М01 | | | | Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | | | | |
| М02 | | Код | ЕВ | МД | ЕН | Н. расх. | КИМ. | Код загот. | Профиль и размеры | | | | КД | МЗ | | | | |
| | | 02 | 166 | 4,8 | 1 | | 0,69 | 24 | Ø142*72,5 | | | | 1 | 6,94 | | | | |
| А | | Цех. | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции | | Обозначение документа | | | | | | | | | | |
| Б | | XX XX | | XX 000 | | Код, наименование оборудования | | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт. | Тпс. | | |
| А03 | | XXX XXX | | | | Заготовительная | | | | | | | | | 1 | | | |
| Б04 | | | | | | Горизонтально-ковочная машина | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А06 | | XX | XX | XX | 010 | 4110 Токарная с ЧПУ | | | | | | | ИОТ | ИЗ7101 | 7016-88 | | | |
| Б07 | | 381021 | | Токарный с ЧПУ 16Б05ВФ3 | | | 2 | 15292 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 417 | 1 | | | | |
| 008 | | Точить последовательно по контуру торца 1, выдерживая l=75±1,25 мм; фаску, выдерживая l=2,5*45°; пов. 10, выдерживая d=92-0.315 мм; торец 2, выдерживая l=56±1,25 мм. Снять фаску, выдерживая l=2,5*45°; расточить отв. 13, выдерживая d=65±0,30мм; торец 3, выдерживая l=26,5±0,105мм; отв 15, выдерживая d=46,5±0,25мм | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 009 | | 396110 Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80; 392197 Резец-вставка 2101-0181 Т5К10 ОСТ 2.И.10.1-83; 392190 Резец расточной 2145-0028 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т10 | | Т5К10 ГОСТ 18883-75; 393311 Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А13 | | XX | XX | XX | 020 | 4110 Токарная с ЧПУ | | | | | | | ИОТ | ИЗ7101 | 7016-88 | | | |
| Б14 | | 381021 | | Токарный с ЧПУ 16Б05ВФ3 | | | 2 | 15292 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 417 | 1 | | 1,13 | | |
| 015 | | Точить последовательно торец 7, выдерживая l=73±0,15мм; фаску, выдерживая l=2,5*45 мм; пов. 9, выдерживая d=101-0,35 мм; торец 6, выдерживая l=10,5±0,105мм | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 016 | | пов. 8, выдерживая d=142-0,40мм. Расточить отв. 14, выдерживая d=57,5±0,30 мм; торец 5, выдерживая l=26±0,125 мм | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т17 | | 396110 Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80; 392191 Резец-вставка 2101-0181 Т5К10 ОСТ 2.И.10.1-83; 392190 Резец расточной 2145-0028 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | Т5К10 ГОСТ 18883-75; 393311 Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А20 | | XX | XX | XX | 030 | 4110 Токарная с ЧПУ | | | | | | | ИОТ | ИЗ7101 | 7016-88 | | | |
| Б21 | | 381021 | | Токарный с ЧПУ 16Б05ВФ3 | | | 2 | 15292 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 417 | 1 | | | | |
| 022 | | Точить последовательно торец 7, выдерживая l=55±0,15 мм; пов. 9, выдерживая d=100-0,14 мм. Расточить отв 14, выдерживая d=59,5±0,12 мм; торец 5, выдерживая l=26±0,026 мм. Расточить канавку 23, выдерживая d=60±0,37 мм и l=5±0,15 мм | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | 366110 Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80; 392190 Резец-вставка 2101-0181 Т5К6 ОСТ 2.И.10.1-83; 392193 Резец расточной 2145-0551 Т15К6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т24 | | ГОСТ 18883-75; 392195 Резец сборный канавочный К01.4155.000 Т15К6 ТУ 035-558-77; 393450 Нутромер 150-0,01 ГОСТ 868-73 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | ГОСТ 18883-75; 392195 Резец сборный канавочный К01.4155.000 Т15К6 ТУ 035-558-77; 393450 Нутромер 150-0,01 ГОСТ 868-73 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Обозначение документа | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|-----|-----|-------|------------------------------|----|-------|---|----|----|------|-----|--------|---------|------|------|
| А | Цех. | Уч. | РМ | Опер. | Код. наименование операции | СМ | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Клт. | Тпз. | Тпт. |
| Б | Код. наименование оборудования | | | | | | | | | | | | | | | |
| А01 | XX | XX | XX | 040 | 4110 Токарная с ЧПУ | | | | | | | ИОТ | ИЗ7101 | 7013-88 | | |
| Б02 | 381021 Токарный с ЧПУ 16Б05ВФ3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| О03 | Точить последовательно пов. 10, выдерживая 91,09-0,14 мм; торец 2, выдерживая l=19±0,042; каваку 11, выдерживая d=84,4-0,14 мм и l=4±0,024. Расточить отв. 15, выдерживая d=44,5±0,12 мм. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т05 | 396110 Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80; 392197 Резец-вставка 2101-0181 Т15К6 ОСТ 2. И. 10.1.-83; 392135 Резец фасонный Т15К6; | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | 393311 Штангенциркуль ШЦ-III -250-0,05 ГОСТ 166-80 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А08 | XX | XX | XX | 050 | 4121 Сверлильная с ЧПУ | | | | | | | ИОТ | ИЗ7101 | 7013-88 | | |
| Б09 | 381022 Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Р135 Ф2-1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| О10 | Сверлить 6 отв. 17, выдерживая d=13±0,18 мм; l=19±0,105 мм и d=118-0,35 мм. Зенковать 6 отв. 16, выдерживая d=19±0,21 мм и l=23±0,105 мм. Сверлить 3 отв., выдерживая d=4,9±0,14 мм и d=80-0,30 мм. Нарезать резьбу в 3 отв. 18, выдерживая размеры d=6±0,08 мм и l=19±0,105 мм | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т12 | 396171 Приспособление специальное; 391293 Сверло спиральное ↓13 ГОСТ 4010-87 Р6М5; 391022 Зенковка цилиндрическая ↓19 ГОСТ 11284-75 Р6М5; 391293 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Сверло ступенчатое ↓4,9 ↓8 ГОСТ 2.И.21-1-76Р6М5; 391391 Метчик машинный М6*1-6Н ОСТ 2И52-1-74Р18; 393120 Набор калибров-пробок ↓4,9 ГОСТ 3882-77 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А15 | XX | XX | XX | 060 | 4121 Вертикально-сверлильная | | | | | | | ИОТ | ИЗ7101 | 7013-88 | | |
| Б16 | 381213 Вертикально-сверлильный 2Н125 | | | | | | | | | | | | | | | |
| О17 | Сверлить отв. 19, выдерживая d=18,8±0,2 мм; l=30,5±0,105 мм. Нарезать резьбу М20-1,5-6Н выдерживая l=23±0,105 мм | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т18 | 396171 Кондуктор наладиваемый специальный ; 391293 Сверло спиральное ↓18,5 ГОСТ 4010-77 Р6М5. Метчик М20*1,5-6Н ГОСТ 2.И. 52-1-74 Р18; 393120 Набор калибров-пробок ↓18,5 ГОСТ 3882-77 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А21 | XX | XX | XX | 070 | 4121 Вертикально-сверлильная | | | | | | | ИОТ | ИЗ7101 | 7013-88 | | |
| Б22 | 381213 Вертикально-сверлильный 2Н125 | | | | | | | | | | | | | | | |
| О23 | Сверлить отв. 20, выдерживая d=12,5 ±0,18 мм и α=30±1° | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т24 | 396171 Приспособление специальное; 391293 Сверло спиральное ↓12,5 ГОСТ 4010-87 Р6М5; 393120 Набор калибров-пробок ↓12,5 ГОСТ 3882-77 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А26 | XX | XX | XX | 080 | Термическая | | | | | | | | | | | |
| 27 | XXX | XXX | XXX | | Печь шахтная | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | | | | | |

| А | Цех. | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции | Обозначение документа | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--|--|--------------------------------------|---|-----------------------|-------|-----|----|----|------|----|-----|------|------|------|--|------|
| | | | | | | СМ | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Клт. | Тпз. | Тшт. | | |
| Б | | | | | Код, наименование оборудования | | | | | | | | | | | | | |
| A01 | XX | XX | XX | 090 | Внутришлифовальная | | | | | | | | | | | | | |
| B02 | 381833 | Внутришлифовальный 3К227В | | | | 2 | 18873 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 417 | 1 | | | | |
| O03 | | | | | Шлифовать пов. 14, выдерживая d=58,8±0,046 мм; пов 15; выдерживая d=44,8±0,039 мм. Шлифовать торец 7, выдерживая l=54,4±0,06 мм | | | | | | | | | | | | | |
| T04 | 396110 | Патрон мембранный ГОСТ 3889-80; 398123 | Круг шлифовальный ПВ 36*30*10 24А40СМ16К5; 398123 | Круг ШЦ 70*30*20 24А40СМ16К5ж 394630 | Прибор | | | | | | | | | | | | | |
| O5 | | | | | активного контроля БВ 4100 ГОСТ 8577-80 | | | | | | | | | | | | | |
| O6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A07 | XX | XX | XX | 100 | Шлифовальная | | | | | | | | | | | | | |
| B08 | 381831 | Торцекруглошлифовальный 3Т160 | | | | 2 | 18873 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 417 | 1 | | | | 1,93 |
| O09 | | | | | Шлифовать пов. 10 и 2, выдерживая d=90,1±0,054 и l=54,1±0,023 мм | | | | | | | | | | | | | |
| T10 | 396110 | Патрон мембранный ГОСТ 3889-80; 398123 | Круг шлифовальный ЗП 300*40*20 91А25СМ28К7; 394630 | Прибор | активного контроля БВ 4010 | | | | | | | | | | | | | |
| A11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A12 | XX | XX | XX | 110 | Внутришлифовальная | | | | | | | | | | | | | |
| B13 | 381833 | Внутришлифовальный 3К227В | | | | 2 | 18873 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 417 | 1 | | | | |
| O14 | | | | | Шлифовать пов. 14, выдерживая d=59±0,030 мм; пов 15, выдерживая d=45±0,025 мм. Шлифовать торец 7, выдерживая l=54,05±0,023 мм. | | | | | | | | | | | | | |
| T15 | 396110 | Патрон мембранный ГОСТ 3889-80; 398123 | Круг шлифовальный ПВ 36*30*10 24А16СМ16К5; 398123 | Круг ШЦ 70*30*20 24А16СМ16К5ж 394630 | Прибор | | | | | | | | | | | | | |
| A16 | | | | | активного контроля БВ 4100 ГОСТ 8577-80 | | | | | | | | | | | | | |
| A17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A18 | XX | XX | XX | 120 | Шлифовальная | | | | | | | | | | | | | |
| B19 | 381831 | Торцекруглошлифовальный 3Т160 | | | | 2 | 18873 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 417 | 1 | | | | |
| O20 | | | | | Шлифовать пов. 10 и 2, выдерживая d=90,0,022 мм и l=54,0,019 мм | | | | | | | | | | | | | |
| T21 | 396110 | Патрон мембранный ГОСТ 3889-80; 398123 | Круг шлифовальный ЗП 300*40*20 91А16СМ28К7; 394630 | Прибор | активного контроля БВ 4010 | | | | | | | | | | | | | |
| A22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A23 | XX | XX | XX | 130 | Моечная | | | | | | | | | | | | | |
| B24 | xxx | xxx | xxx | | Камерная моечная машина | | | | | | | | | | | | | |
| A25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A26 | XX | XX | XX | 140 | Контрольная | | | | | | | | | | | | | |
| A27 | xxx | xxx | xxx | | Контрольный стенд | | | | | | | | | | | | | |
| A28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты.

| Разработ. | | Губаев | | ТГУ | | | | | | | | | | КП | | 020 |
|-----------------------------------|--|---------------------------|-----|----------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|----------|----------------------|----------|---------|--|----|--|-----|
| Проверил | | Гуляев | | | | | | | | | | | | КП | | |
| Нормоконт. | | Виткалов | | Крышка гидронасоса пластинчатого | | | | | | | | | | КП | | 020 |
| Утвердил | | Логинов | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | Материал | | Твердость | | ЕВ | МД | Вид и размеры заготовки | | МЗ | ОИД | | | | | |
| 4110 Токарная с ЧПУ | | Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 | | 207 НВ | | кг | 4,8 | 24 штамповка Ø142*72,5 | | 6,94 | 1 | | | | | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | Обозначение программы | | Т _о | Т _в | Т _{пз} | Т _{шт} | СОЖ | | | | | | | | |
| 381021 Токарный с ЧПУ 16Б05ВФ3 | | Н22-1М | | | | | | | | | | | | | | |
| Р | Р | D(в)мм | Lмм | lмм | i | S ₂ мм/зуб | S ₀ мм/об | S _д мм/мин | n,об/мин | v ₁ м/мин | n,об/мин | v м/мин | | | | |
| 001 | 1. Установить (снять) заготовку | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т02 | 396110 Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 003 | 1. Фрезеровать торцы 1, 18 согласно эскизу | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т04 | 3918(2) Фреза торцовая 2214053 ГОСТ 9304-69 ВК8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т05 | 3933 Штангенциркуль ШЦ-1 0-125 ГОСТ 160-80 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Р06 | | 30 | | 3,8 | 1 | 0,15 | 1,8 | 720 | | | 400 | 125,66 | | | | |
| 007 | 1. Сверлить отверстия 19, 20 согласно эскизу | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т08 | 3912(2) Сверло центровочное тип А Ø6,3 ГОСТ 14952-75 Р6М5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т09 | 3931 Шаблон | | | | | | | | | | | | | | | |
| Р10 | | 13,2 | 14 | 6,6 | 1 | | 0,28 | 56 | | | 200 | 8,29 | | | | |
| 011 | 2. Снять заготовку | | | | | | | | | | | | | | | |
| ОК | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |

| Разработ. | | Губаев | | ТТУ | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|------|----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------|--|-----|--|
| Проверил | | Гуляев | | Крышка гидронасоса пластинчатого | | | | | | | | | | | | | |
| Нормоконт. | | Виткалов | | КП | | 050 | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | Логинов | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | | ЕВ | | МД | | Вид и размеры заготовки | | МЗ | | ОИД | |
| 4121 Сверлильная с ЧПУ | | | | Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 | | 207 НВ | | кг | | 4,8 | | 24 штамповка Ø142*72,5 | | 6,94 | | 1 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | Т _о | | Т _в | | Т _{пз} | | Т _{шт} | | СОЖ | | | |
| 381022 Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2P135Ф2-1 | | | | Координата С70 | | 5,247 | | | | 11,28 | | | | | | | |
| P | D(В)ММ | LММ | tММ | i | S ₂ ММ/зуб | S ₀ ММ/об | S _а ММ/МИН | П ₁ ОБ/МИН | V ₁ М/МИН | П ₂ ОБ/МИН | V ₂ М/МИН | П ₃ ОБ/МИН | V ₃ М/МИН | | | | |
| O01 | 1. Установить (снять) заготовку | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T02 | 396171 Приспособление специальное | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O03 | 2. Сверлить 6 отв. 17, выдерживая размеры 3,7,10,12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T04 | 391293 Сверло спиральное ↓13 ГОСТ 4010-87 P6M5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P05 | 13 | 44,75 | 6,5 | 1 | | 0,25 | 157,5 | 630 | 25,71 | | | | | | | | |
| O06 | 3. Зенковать 6 отв. 16, выдерживая размеры 1, 6, 7,10,12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T07 | 391022 Зенковка цилиндрическая ↓19 ГОСТ 11284-75 P6M5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P09 | 19 | 25,75 | 3 | 1 | | 0,25 | 62,5 | 250 | 14,915 | | | | | | | | |
| O10 | 4. Сверлить 3 отв. 18, выдерживая размеры 2, 8, 9, 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 391293 Сверло ступенчатое ↓4,9/↓8 ОСТ 2.И. 21-1-76 P6M5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P12 | 4,9 | 23 | 2,45 | 1 | | 0,07 | 112 | 1600 | 26,45 | | | | | | | | |
| O13 | 5. Нарезать резьбу в 3-х отв. 18, выдерживая размеры 4, 8, 9, 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T14 | 391391 Метчик машинный M6*1,0-6H ОСТ 2.И.52-1-74 P18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 6 | 19 | 0,55 | 1 | | 1 | 250 | 250 | 4,15 | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|----------------|-----------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|----------|--------------------|----------|---------|-----|-----|
| Разработ. | Губаев | ТТУ | | | | | | | | | | | |
| Проверил | Гуляев | | | | | | | | | | | | |
| Нормоконт. Утвердил | Виткалов Логинов | Крышка гидронасоса пластинчатого | | | | | | | | | | КЛП | 100 |
| Наименование операции | Материал | Твердость | ЕВ | МД | Вид и размеры заготовки | МЗ | ОИД | | | | | | |
| Шлифовальная | Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 | 43HRC | кг | 4,8 | 24 штамповка Ø142*72,5 | 6,94 | 1 | | | | | | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | Обозначение программы | Т _о | Т _в | Т _{пз} | Тшт | СОЖ | | | | | | | |
| 381831 Торцевруглошлифовальный 3Т160 | | 1.752 | | | 1.93 | | | | | | | | |
| Р | D(в)мм | Lмм | lмм | i | S ₂ мм/зуб | S ₀ мм/об | S _д мм/мин | n,об/мин | v ₁ м/с | n об/мин | v м/мин | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 001 | 1. Установить (снять) заготовку | | | | | | | | | | | | |
| T02 | 396110 Патрон мембранный ГОСТ 3889-80 | | | | | | | | | | | | |
| 003 | 2. Шлифовать пов. 10 и 2, выдерживая размеры 1, 2 | | | | | | | | | | | | |
| T04 | 398123 Круг шлифовальный ЗП 300*40*20 91A25CM28K7; 394630 Прибор активного БВ 4010 ГОСТ 8577-80 | | | | | | | | | | | | |
| P05 | | 90,1 | 18,5 | 0,376 | 1 | 0,003 | | 1250 | 23 | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | 1 | |