

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 вала шлицевого КС-4572

Студент	<u>Я.В. Цибарт</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)
	<u>О.А. Парфенова</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

Цибарт Яков Владимирович. Технологический процесс изготовления вала шлицевого КС-4572. Выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа). Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2018. 75 с.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрены вопросы проектирования техпроцесса изготовления детали «вала шлицевого КС-4572» для среднесерийного типа производства.

Проведено исследование силовых характеристик при круглом врезном шлифовании. В основе математической модели лежит численный метод расчета главного параметра любого процесса шлифования. Например, длины линии контакта шлифовального круга и заготовки. Предложенный алгоритм имеет универсальный характер и предоставляет возможность в последующих расчетах силовых характеристик использовать наиболее адекватную характеристику процесса шлифования - скорость снятия припуска.

ABSTRACT

Jacov V. Zibart. Technological process of manufacturing the shaft splined KS-4572. Final qualifying work (bachelor's work). Tolyatti. Togliatti state University, 2018. 75 p.

In the final qualifying work (WRC), the design of the manufacturing process of the part "splined shaft KS-4572" for medium-range type of production is considered.

The study of power characteristics at round mortise grinding. The basis of the mathematical model is a numerical method for calculating the main parameter of any grinding process. For example, the length of the contact line of the grinding wheel and workpiece. The proposed algorithm has a universal character and provides an opportunity in subsequent calculations of power characteristics to use the most adequate characteristic of the grinding process - removal rate allowance.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Исходные данные	6
2 Технологическая часть работы	13
3 Проектирование системы автоматического управления	33
4 Научные исследования	40
5 Безопасность и экологичность технического проекта	52
6 Экономическая эффективность работы	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	62
ПРИЛОЖЕНИЯ	65

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время появилось новое поколение станков с ЧПУ, которое может выполнять почти все: непрерывное регулирование формообразующих движений, бесступенчатое изменение скоростей главного движения и подачи и т.п. Таким образом, реальные технические возможности станков уже требуют новых подходов к проектированию технологических процессов и отдельных операций.

Такие САМ-системы были созданы и теперь приобрели широкое распространение. Однако, к сожалению, первыми разработчиками таких систем были специалисты по программированию, начертательной геометрии и, в последнюю очередь, специалисты по металлообработке. В результате такие системы блестяще решают задачи проектирования формообразующих движений для изготовления поверхностей почти любой сложности, но не учитывают, что такая поверхность образуется на станке в результате процесса резания, который имеет силовые, температурные возмущения, износ инструмента и т.п.

Таким образом, сложилась ситуация, когда со стороны оборудования появились возможности управления процессом резания в широком диапазоне, а со стороны САМ-систем такие возможности игнорируются или просто не используются. Такое противоречие является движущей силой последующего развития металлообработки резанием, теории резания.

1 Исходные данные.

Деталь «вал шлицевой КС–4572» входит в коробку передач автомобиля и предназначена для передачи крутящего момента на передние колёса автомобиля.

Шлицевой вал полый. Ведущая шестерня главной передачи 21 насаживается на вал на шлицевую поверхность и передаёт вращающий момент на ведомую шестерню главной передачи 17, входя с ней в зацепление. Ведомые шестерни 10, 12, 14 насажены на игольчатые подшипники, смазка которых происходит через отверстия, расположенные в валу радиально. На распорные втулки 4 и 8 также насаживаются игольчатые подшипники, на которых в свою очередь находятся ведомые шестерни 4 и 5 передач. Передние подшипники 15 валов – роликовые, задние 6 – шариковые. Контрольная гайка 20 служит для фиксации на валу подшипника 6, контакт которого с распорными втулками 4 и 8 ограничивают упорные шайбы 5 и 7. Компенсационная шайба 2 необходима для предотвращения осевых смещений элементов расположенных на валу.

Служебное назначение поверхностей детали.

Таблица 1.1 – Поверхности

Вид	№
ИП	35, 11, 18, 61
ОП	7, 22, 79
ВП	1, 2, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 31, 33, 35, 37, 39, 43, 45, 46, 48, 52, 54, 61, 68, 70, 72, 73, 75, 79
Свободные	3, 4, 5, 9, 10, 11, 17, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 36, 38, 40, 41, 42, 44, 47, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 71, 74, 76, 77, 78, 80, 81

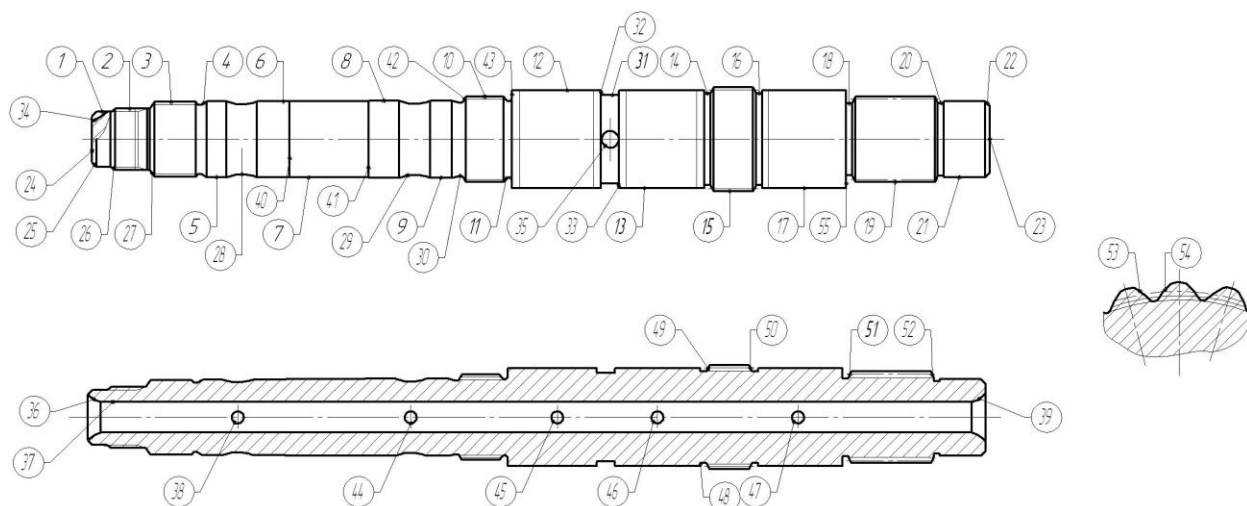


Рисунок 1.1 – Номера поверхностей.

Анализ технологичности конструкции детали.

Качественная оценка технологичности конструкции

Материал детали сталь 19ХГН по ТУ 14–1–2252–90. Твёрдость после нитроцементации, закалки и низкого отпуска не менее 58 HRC₃. Эти механические характеристики обеспечивают нормальную работу шлицевого вала в КПП.

Технологичность по материалу представлена в таблицах 1.2 и 1.3

Таблица 1.2 – Химический состав

Сталь	углерод	хром	не более			марганец	никель	кремний
			фосфор	сера	медь			
19ХГН	0,16–0,22	0,44–0,74	0,034		0,3	0,7–1,1	1,0–1,4	0,18–0,38

Таблица 1.3 – Механические свойства

Сталь	σ_m	σ_b	δ_5	Ψ
19ХГН	590	700	14	50

Жесткость вала является недостаточной, так как отношение его длины l к диаметру d больше 5 ($l/d = 7,3$). Поэтому она не допускает получение высокой точности обработки. Из этого следует, что при обработке необходимо применение дополнительных станочных приспособлений – люнетов. На детали имеются фаски, которые облегчают последующую сборку детали. Сквозное осевое отверстие предназначено для подачи масла при работе на игольчатые подшипники, хотя оно и нетехнологично, но необходимо. Шлицевые поверхности 12, 18, 21, 35 предназначены для передачи вращательного движения. Эти поверхности нетехнологичны, так как их обработка возможна только в условиях массового производства. Конструкция и расположение шлицев не позволяет обрабатывать деталь другими методами кроме как накаткой, так как для выхода червячной фрезы или долбяка недостаточно места под перебеги инструмента.

При технологическом анализе исходного чертежа выявлены следующие недостатки:

- в верхнем правом углу чертежа не обозначена неуказанная шероховатость обрабатываемых поверхностей;

- зубчатый венец является самой большой ступенью вала – это нетехнологично, поэтому исключаем его из технологического процесса и заменяем на шлицевую поверхность, на которую впоследствии при сборке будет насажена шестерня ведущая главной передачи;
- в таблице, где приведена характеристика зубчатого венца, не указана его степень точности;
- наличие внутреннего осевого отверстия является нетехнологичным с точки зрения жесткости конструкции;
- на цилиндрическую поверхность 7 задан необоснованно высокий допуск на диаметральный размер равный $0,005$ мм (при изменении температуры на 2–3 градуса размер выйдет из поля допуска);
- на линейный размер между торцами 39 и 54 задан допуск $0,5$ мм, хотя сам размер необходимо выдержать до $0,01$ миллиметра; на габаритный линейный размер вала не задан допуск; толщина закаленного слоя по длине вала меняется с $0,6...0,8$ мм до $0,4$ мм; твердость на закаленные шлифованные поверхности задана в единицах твердости HV (твердость по Виккерсу) и в непонятных единицах HR30N; на поверхности 22 не предусмотрена канавка для выхода шлифовального круга; виды, разрезы, сечения и выносные элементы указаны в соответствии со старыми, уже не используемыми, ГОСТами.

Количественная оценка технологичности конструкции

Таблица 1.4 – Сводная таблица для анализа

Поверхность	Число поверхности	Количество унифицированных поверхностей	<i>JT</i>	<i>Ra</i>
Торец	2	–	12	6,3
Торец	3	–	9	2,5
Торец	1	–	6	0,8
Фаска	2	2	12	6,3
Фаска	2	2	12	6,3
Шлицевая поверхность	4	4	7	2,5
Цилиндрическая поверхность	3	3	6	0,25
Цилиндрическая поверхность	4	4	6	0,8
Цилиндрическая поверхность	1	1	9	6,3
Резьбовая поверхность	1	1	6	2,5
Осевое отверстие	1	1	12	6,3
Радиальное отверстие	5	5	12	6,3
Итого:	29	24		

$$K_{y.z.} = Q_{y.z.}/Q_z, \quad (1.1)$$

$$K_{y.z.} = 24/29 = 0,83$$

$$K_{u.m.} = M_\partial/M_z, \quad (1.2)$$

где M_z , M_∂ – масса заготовки и детали, кг

$$K_{u.m.} = 1,25/2,1 = 0,6$$

Коэффициент точности обработки

$$T_{cp.} = \sum n_i / \sum T n_i \quad (1.3)$$

$$K_{mч} = 1 - 1/T_{cp.} \quad (1.4)$$

где

$$T_{cp.} = (12 \times 12 + 9 \times 4 + 7 \times 4 + 6 \times 9) / 29 = 9,03$$

$$K_{mч} = 1 - (1/9,03) = 0,88$$

Коэффициент шероховатости поверхности

$$Ш_{cp.} = \sum n_{im} / \sum Ш n_{im}, \quad (1.5)$$

$$K_{ш} = 1/Ш_{cp.} \quad (1.6)$$

где $Ш_{cp.}$ – средний класс точности шероховатости

$$Ш_{cp.} = (6,3 \times 13 + 2,5 \times 8 + 0,8 \times 5 + 0,25 \times 3) / 29 = 3,68$$

$$K_{ш} = 1/3,68 = 0,27$$

Следовательно, деталь является технологичной.

Вывод:

Вал шлицевой (ТУ 14–1–2252–90) соответствует заданным механическим свойствам.

Нетехнологичными следует считать наличие внутреннего осевого отверстия и шлицевых поверхностей, обработка которых возможна только в условиях массового производства.

Все недостатки, выявленные при анализе базового чертежа, в ходе проектирования были учтены.

Определение исходных параметров техпроцесса.

Выбор вида производства.

Среднесерийное производство ($m = 1,25$ кг и $N = 5000$ штук).

2 Технологическая часть работы.

Выбор заготовки.

Сопоставим прокат и штамповку.

Экономическое обоснование выбора заготовки.

Выбираем сортовой круглый калиброванный прокат $\varnothing 36$ мм и длиной 300 мм нормальной точности (ГОСТ 7417–75) и массой 2,1 кг.

На рисунке 2.1 показана приближённая конструкция заготовки, получаемой из проката.

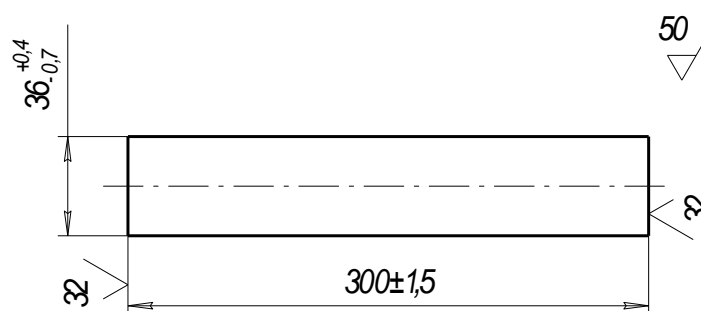


Рисунок 2.1 – Эскиз

$$S_{заг1} = M + \Sigma Co.з. \quad (2.1)$$

где M – затраты на заготовку, руб.;

$\Sigma Co.з.$ – себестоимость операций заготовки, руб.

$$\Sigma Co.з. = [Cп.з. \times T_{шт}(ш-к)] / (60 \times 100), \quad (2.2)$$

где $Cп.з.$ – приведенные затраты, руб./ч;

$$M = Q \times S - ((Q - q) \times Somx.), \quad (2.3)$$

где

$S_{отх}$. – цена 1 кг отходов, руб.

$$S_{заг_1} = 2,1 \times 9,20 - (2,1 - 1,25) \times 0,92 = 18,54 \text{ руб./шт.}$$

Себестоимость заготовки, получаемой методом штамповки на ГКМ определяется по формуле (2.4). Заготовка–штамповка длиной 298 мм, наибольшим $\varnothing 36$ мм и $m = 1,9$ кг:

$S_{отх}$. – цена 1 кг отходов, руб.

$$S_{заг_2} = (25,2 \times 2,0 \times 1,0 \times 0,87 \times 1,0 \times 1,13 \times 1,0) - (1,9 - 1,25) \times 2,52 = 47,91 \text{ руб./шт.}$$

Определение коэффициента использования материала для двух методов по формуле:

$$K_{и.м.} = q/Q \quad (2.5)$$

Определение коэффициента использования материала для заготовки из проката:

$$K_{и.м_1} = 1,25/2,1 = 0,6$$

Определение коэффициента использования материала для заготовки–штамповки:

$$K_{и.м_1} = 1,25/1,9 = 0,66$$

Результаты сравнения двух методов получения заготовки приведены в таблице 2.1:

Таблица 2.1 – Итоговая таблица сравнения двух вариантов получения заготовки

Варианты методов получения	Себестоимость, руб.	Коэффициент использования материала
Прокат	18,54	0,6
Штамповка	47,91	0,66

Вывод: В результате проведенного анализа сравнения двух методов получения заготовки на основании таблицы 8 наиболее экономичной является заготовка, полученная методом проката, но коэффициент использования материала её немного ниже, чем у заготовки–штамповки. Так как с экономической точки зрения заготовку из проката изготовить гораздо дешевле, то её и принимаем.

Анализ известных и разработка нового технологического маршрута.

Вал шлицевой изготавливается для коробки передач КС–4572.

Для его изготовления на Волжском автозаводе предусмотрена автоматическая линия, состоящая в основном из специальных и агрегатных станков, смонтированных специально для этой линии и, в частности, для данной детали (например, сверление сквозного осевого отверстия). Станки дорогие, но высокопроизводительные, что объясняется массовым типом производства. Применяемый мерительный инструмент также адаптирован для массового производства (например, различные контрольные станки и приспособления, калибры). Режущий инструмент сможет окупить себя только в условиях массового производства (например, рейки для накатки шлицев).

На валу имеется зубчатый венец, который необходим для передачи вращательного движения на ведомую шестерню главной передачи. Данная технология применяется для изготовления вторичных валов на коробки передач автомобилей ВАЗ 2108, ВАЗ 21083 и ВАЗ 2110. В процессе работы эта шестерня находится под воздействием постоянной динамической нагрузки, вследствие чего, по прошествии определённого времени периода эксплуатации, происходит износ зубчатого венца, что в дальнейшем может привести к поломке и необходимости полной замены вторичного вала. Это с экономической точки зрения очень не выгодно. В настоящее время на заводе при изготовлении вторичного вала коробки передач автомобиля ВАЗ 2110 (№ базового чертежа 2110–1701105) этот зубчатый венец исключили из технологического процесса. Ведущую шестерню изготавливают отдельно от вала (№ базового чертежа 2110–2302017), а потом при сборке соединяют эти детали с помощью шлицевого соединения. Это позволит существенно сократить расходы на ремонт, так как в случае износа зубчатого венца заменить придется только шестерню.

При изготовлении вторичного вала для коробки передач автомобиля ВАЗ 2110 собираются внедрять вышеизложенную технологию.

На основании вышесказанного предлагаю исключить зубчатый венец из технологического процесса. Это позволит уменьшить затраты на изготовление вала.

Таблица 2.2

№оп	Наименование операции	Ra	Модель станка
000	Заготовительная	80	
010	Центровально–подрезная	40	Центровально–подрезной
020	Гидрокопировальная	40	Гидрокопировальный станок
025	Гидрокопировальная	40	Гидрокопировальный станок
030	Фрезерная	40	Специальный агрегатный станок
040	Шлифовальная	1,6	Круглошлифовальный станок
050	Контрольная		Стол с приборами
060	Зубофрезерная	5	Зубофрезерный станок
070	Контрольная		Стол с приборами
080	Моечная		Проходная моечная машина
090	Зубофасочная		Зубофасочный станок
100	Шлиценакатная	2,5	Накатной станок
105	Шлиценакатная	2,5	Накатной станок
110	Сверлильная		Агрегатный станок
115	Слесарная		Стол
120	Зубошевингоальная	0,8	Шевингоальный станок
130	Контрольная		Стол с приборами
140	Контрольная		Шумоконтрольный станок
150	Моечная		Проходная моечная машина
160	Контрольная		Стол с приборами
165	Слесарная	6,3	Стол
170	Центровальная	6,3	Специальный центрозачистной станок
180	Правильная		Пресс
185	Правильная)		Пресс
190	Шлифовальная	0,63 0,8	Торцекруглошлифовальный станок
200	Торцекруглошлифовальная	0,8	Торцекруглошлифовальный станок
210	Шлифовальная	2,5	Торцекруглошлифовальный станок
220	Резьбошлифовальная	20	Резьбошлифовальный станок
230	Полировальная		Полировальный
240	Моечная		Проходная моечная
250	Контрольная		
260	Контрольная		
270	Контрольная		Шумоконтрольный станок

Разработка технологического маршрута.

При обработке поверхностей вращения ось примем в качестве двойной направляющей базы, торец в качестве опорной базы.

Точные поверхности будем обрабатывать в конце ТП.

Так как ТП содержит термообработку, то разобьем его на 2 части.

Технологический маршрут представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Технологический маршрут

№	Операция	№ поверхности	IT	Ra, мкм	Оборудова ние
000	Заготовительная	Все	15	50	Прокатны й стан
005	Ф–Ц	24,27,26,60	12	6,3	МР–71М
010	Т	14,15,17,20,21,22,55	12	6,3	1716Ц
015	Т	1,2,3,7,8,11,43	12	6,3	1716Ц
020	Т	14,15,16,19,20,22,45,4 6,48,50,51,52,54,55,56 ,58,59,68,69,70,71,72	9	6,3	1716Ц
025	Т	1,2,4,5,6,7,8,9,10,13,2 5,28,29,31,33,37,39,41 ,43	9	6,3	1716Ц
027	Т	31, 31	12	6,3	16К20
030	Шпоночно–фрезерная	64, 65	12	6,3	6Р80
035	Сверлильная	66, 67	12	6,3	2Н125
040	Круглошлифовальная предварительная правого конца	14,15,20,22,55,63	7	2,5	3М153А
045	Круглошлифовальная предварительная левого конца	6,7,8,14,15,20,22	7	2,5	3М153А

Продолжение таблицы 2.3

050	Контрольная	6,7,8,14,15,20,22			Контрольн ый стол
055	Моечная	Все			Ванна
060	Шлиценакатная	34, 35	8	2,5	Шлиценак атной станок
065	Шлиценакатная	12, 42	8	2,5	Шлиценак атной станок
070	Шлиценакатная	18, 49	8	2,5	Шлиценак атной станок
075	Шлиценакатная	61, 62	8	2,5	Шлиценак атной станок
080	Сверлильная (радиальные отв.)	38, 40, 44, 47, 53	12	6,3	2Н125
085	Токарная (сверление осевого отверстия)	23	12	6,3	16К20М
090	Слесарная (зачистить заусенцы)	23, 38, 40, 44, 47, 53	12	6,3	Слесарны й стол
095	Центровальная	24, 27	12	6,3	МР-71М
100	Моечная	все			Ванна
105	Термическая (нитроцементация, закалка и низкий отпуск)	h = 0.6...0,8 мм Твердость 55...65 HRCэ			Установка ТВЧ
110	Правильная				Пресс
115	Круглошлифовальная окончательная правого конца	14,15,20,22,55	6	0,8	3М153А
120	Круглошлифовальная окончательная левого конца	6,7,8,43,37,39	6	0,8	3М153А
125	Шлифовальная (канавки)	16,19,58,70,71,72	7	2,5	3М153А
130	Полировальная	14, 15, 20	6	0,25	3М153А
135	Моечная	все			Ванна
140	Контрольная	14, 15, 20			Контрольн ый стол
145	Сборочная				

Разработка плана обработки.

План обработки представлен на чертеже и включает в себя межоперационные эскизы с указанием обрабатываемых поверхностей, получаемых шероховатости и качества, размерный анализ, а также схемы базирования детали.

Выбор СТО.

Результаты выбора оборудования представлены в таблице 10, выбор режущего инструмента представлен в таблице 11, а приспособления и мерительный инструмент – в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Выбор оборудования

№ оп.	Название операции	Модель оборудования	Рабочее пространство		$N, кВт$	Частота вращения $мин^{-1}$	Диапазон и число подач
			$L, мм$	$B, D, мм$			
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР-71М	220	25...125	13	125; 179; 497; 712;	фреза: 20...400 б/с сверло: 238; 330; 465; 580; 815; 1125
010 015 020 025	Токарная	Токарный гидрокопировальный станок 1716Ц	750	400	18,5	100– 2000	Суппорт Поперечный: 5–1250 продольный: 10–600

Продолжение таблицы 2.4

030	Шпоночно-фрезерная	Горизонтально-фрезерный станок Универсальный 6Р80	800	200	3	50-2240	Вертикальная: 12,5-560 б/с поперечная: 25-1120 б/с
035 080	Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок 2Н125	400	450	2,2	45-2000	0,1-1,6 мм/об
040 045 115 120 125	Торцевкруглошлифовальная	Торцевкруглошлифовальный 3Б153Т	500	200	9,0	деталь: 78-780 об/мин окружная скорость круга: 35 м/с	Врезная: 0,05-5 мм/мин
060	Шлиценакатная	Шлиценакатной специальный	150	750	11,6	80-250	0,63-5 мм/об
085	Сверлильная (осевое отверстие)	Специальный горизонтально-сверлильный станок 2805П	12	400	3,0	800-10000	20-400 мм/мин
130	Полировальная	Полировальный станок 3Б825	50	500	6,5	1220-2400	-

Таблица 2.5 – Выбор режущего инструмента

005	Фрезерно– центровальна я	Торцовая фреза с механическим креплением пятигранных твёрдосплавных пластин ГОСТ 22087–76 Сверло центровочное комбинированное тип А ГОСТ 14952–75
010 015	Токарная	Токарный сборный контурный резец с механическим креплением клин – прихватом трёхгранных твёрдосплавных пластин (по ГОСТ 26476–85) Токарный резец с креплением перетачиваемых пластин для обработки канавок (по ОСТ 2И10–7–84)
020 025 027	Токарная	Токарный резьбовой резец с пластинами из твёрдого сплава (по ГОСТ 18885–73) Токарный сборный контурный резец с креплением клин – прихватом трёхгранных твёрдосплавных пластин (по ГО 26476–85)
030	Шпоночно– Фрезерная	Дисковая трехсторонняя фреза по ГОСТ 3755–78
035 080	Сверлильная (радиальные отверстия)	Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 10902–77 Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 10902–77
040 045 115 120 125	Кругло– шлифовальна я	1. Шлифовальный круг 24А 32 СМ1 К5 ПВ 250×100×50 ГОСТ 2424–67 2. Шлифовальный круг 24А 32 СМ1 К5 ПВ 250×100×50 ГОСТ 2424–67 Спец. шлифовальный круг для шлифования канавок. 24А 32 СМ1 К5 ПВ 250×100×50
060	Шлиценакат ная	Накатные рейки
085	Токарная (осевое отверстие)	Сверло одностороннего резания, оснащенное твёрдосплавными пластинами, с внутренним подводом СОЖ, Т15К10
130	Полировальн ая	Полировальный круг ПП 250х25х20 12А16СМ14В

Таблица 2.3 – Выбор приспособления и мерительного инструмента

№ оп.	Наименование операции	Приспособление	Мерительный инструмент
005	Фрезерно– центровальная	Призма с боковым креплением по ГОСТ 12197–66	Штангенциркуль ШЦ–II–350–0,05
010, 020	Токарная правой стороны	Патрон токарный самоцентрирующийся трёхкулачковый клиновой ГОСТ 24351–80 Центр вращающийся ГОСТ 8742–75	Штангенциркуль ШЦ–II–350–0,05
015, 025	Токарная левой стороны	Патрон токарный самоцентрирующийся трёхкулачковый клиновой ГОСТ 24351–80 Центр вращающийся ГОСТ 8742–75	1. Штангенциркуль ШЦ–II–350–0,05
030	Шпоночно– фрезерная	Призма с боковым креплением по ГОСТ 12197–66	Штангенциркуль ШЦ–I–150–0,1
035, 080	Сверлильная (радиальные отверстия)	Призма с боковым креплением по ГОСТ 12197–66 Кондукторная втулка	1. Штангенциркуль ШЦ–I–150–0,1
040, 045, 115, 120, 125	Торцекруглош лифовальная	1. Патрон токарный самоцентрирующийся трёхкулачковый клиновой ГОСТ 24351–80 2. Центр вращающийся ГОСТ 8742–75	Микрометр МК – 50 ГОСТ 6507–78
060, 065, 070, 075	Шлиценакатная	Специальное приспособление	Калибр для контроля биения
085	Токарная (осевое отверстие)	1. Патрон токарный самоцентрирующийся трёхкулачковый клиновой ГОСТ 24351–80 2. Люнет	1. Штангенциркуль ШЦ–II–350–0,05
130	Полировальная	1. Патрон токарный самоцентрирующийся трёхкулачковый клиновой ГОСТ 24351–80 Центр вращающийся ГОСТ 8742–75	Калибр для контроля радиального биения

Проектирование технологических операций.

Расчет припусков.

Обработка цилиндрической поверхности шлицевого вала №17 диаметром $d=34h7$ мм, длиной $L=19$ мм и чистотой поверхности $Ra=1,6$. Термообработка – нитроцементация и закалка. Заготовка – прокат

а) Определение методов обработки

Таблица 2.4 – Методы обработки

№ п/п	Метод	Операция	Оборудование	Приспособление
1	Точение черновое	010	1716Ц	Патрон токарный самоцентрирующийся трёхкулачковый
2	Точение чистовое	020		
3	Шлифование предварительное	040	3М153А	Патрон токарный самоцентрирующийся трёхкулачковый

б) Определение пространственных отклонений заготовки

$$\Delta\Sigma l = \sqrt{(\Delta l_1 + \Delta l_2)}, \quad (2.6)$$

где $\Delta\Sigma l$ – пространственное отклонение заготовки.

$$\Delta l_1 = \Delta k \times L, \quad (2.7)$$

где Δk – отклонение оси от прямолинейности.

L – длина обрабатываемой поверхности

$$\Delta l_2 = 0,25 \times \sqrt{(T^2 + 1)}, \quad (2.8)$$

где T – допуск на диаметральный размер заготовки

$$\Delta\Sigma 1 = \sqrt{[(0,0015 \times 19)^2 + 0,25 \times (1+1)^2]} = 1,0 \text{ мм}$$

$$\Delta\Sigma 2 = K_y \times \Delta\Sigma 1, \quad (2.9)$$

где

$\Delta\Sigma 2$ – пространственное отклонение;

K_y – уточняющий коэффициент для заготовок из проката

$$\Delta\Sigma 2 = 0,06 \times 1,0 = 0,06 \text{ мм}$$

$\Delta\Sigma 3$ – пространственное отклонение после чистового точения

$$\Delta\Sigma 3 = K_y \times \Delta\Sigma 1 = 0,04 \times 1,0 = 0,04 \text{ мм}$$

$\Delta\Sigma 4$ – пространственное отклонение после предварительного шлифования

$$\Delta\Sigma 4 = K_y \Delta\Sigma 1 = 0,03 \times 1,0 = 0,03 \text{ мм}$$

в) Погрешность закрепления

ε_i – погрешность установки для радиального направления при установке в трехкулачковом патроне с незакалёнными кулачками или разрезными втулками

$$\varepsilon = 30 \text{ мкм}$$

г) Определение минимального расчётного припуска

$$2Z_{\min i} = 2 \times (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta\Sigma_{i-1} + \varepsilon_i), \quad (2.10)$$

$$2Z_{\min 2} = 2 \times (R_{z_1} + h_1 + \Delta\Sigma 1 + \varepsilon_2) = 2 \times (0,063 + 0,06 + 1,0 + 0,03) = 2,3 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 2} = 2 \times (R_{z_2} + h_2 + \Delta\Sigma 2 + \varepsilon_3) = 2 \times (0,02 + 0,03 + 0,06 + 0,03) = 0,28 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 3} = 2 \times (R_{z_3} + h_3 + \Delta\Sigma 3 + \varepsilon_4) = 2 \times (0,0063 + 0,012 + 0,04 + 0,03) = 0,177 \text{ мм}$$

д) Определение предельных размеров

$$dmin_i = dmin_{i+1} + 2Zmin_{i+1}, \quad (2.11)$$

$$dmax_i = dmin_i + Td_i, \quad (2.12)$$

$$dmax_3 = dmin_3 + Td_3 = 34,177 + 0,025 = 34,202 \text{ мм}$$

$$dmin_2 = dmin_3 + 2Zmin_3 = 34,177 + 0,28 = 34,457 \text{ мм}$$

$$dmax_2 = dmin_3 + Td_2 = 34,457 + 0,062 = 34,519 \text{ мм}$$

$$dmin_1 = dmin_2 + 2Zmin_2 = 34,457 + 2,3 = 36,757 \text{ мм}$$

$$dmax_1 = dmin_1 + Td_1 = 36,757 + 0,25 = 37,007 \text{ мм}$$

е) Определение предельных размеров припусков

$$2Z^{IP} min_i = dmin_{i-1} - dmin_i, \quad (2.13)$$

$$2Z^{IP} max_i = dmax_{i-1} - dmax_i, \quad (2.14)$$

$$2Z^{IP} min_4 = dmin_3 - dmin_4 = 34,177 - 34,0 = 0,177 \text{ мм}$$

$$2Z^{IP} max_4 = dmax_3 - dmax_4 = 34,202 - 34,025 = 0,177 \text{ мм}$$

$$2Z^{IP} min_3 = dmin_2 - dmin_3 = 34,457 - 34,177 = 0,28 \text{ мм}$$

$$2Z^{IP} max_3 = dmax_2 - dmax_3 = 34,519 - 34,202 = 0,317 \text{ мм}$$

$$2Z^{IP} min_2 = dmin_1 - dmin_2 = 36,757 - 34,457 = 2,3 \text{ мм}$$

$$2Z^{IP} max_2 = dmax_1 - dmax_2 = 37,007 - 34,519 = 2,488 \text{ мм}$$

ж) Проверка

$$\sum 2Z^{IP} max_i - \sum 2Z^{IP} min_i = Td_{3AG} - Td_{УСТ}, \quad (2.15)$$

$$(2Z^{IP} max_4 + 2Z^{IP} max_3 + 2Z^{IP} max_2) - (2Z^{IP} min_4 + 2Z^{IP} min_3 + 2Z^{IP} min_2) = Td_1 - Td_4 \quad (2.16)$$

$$(0,177 + 0,317 + 2,488) - (0,177 + 0,28 + 2,3) = 0,25 - 0,025$$

$$0,225 = 0,225$$

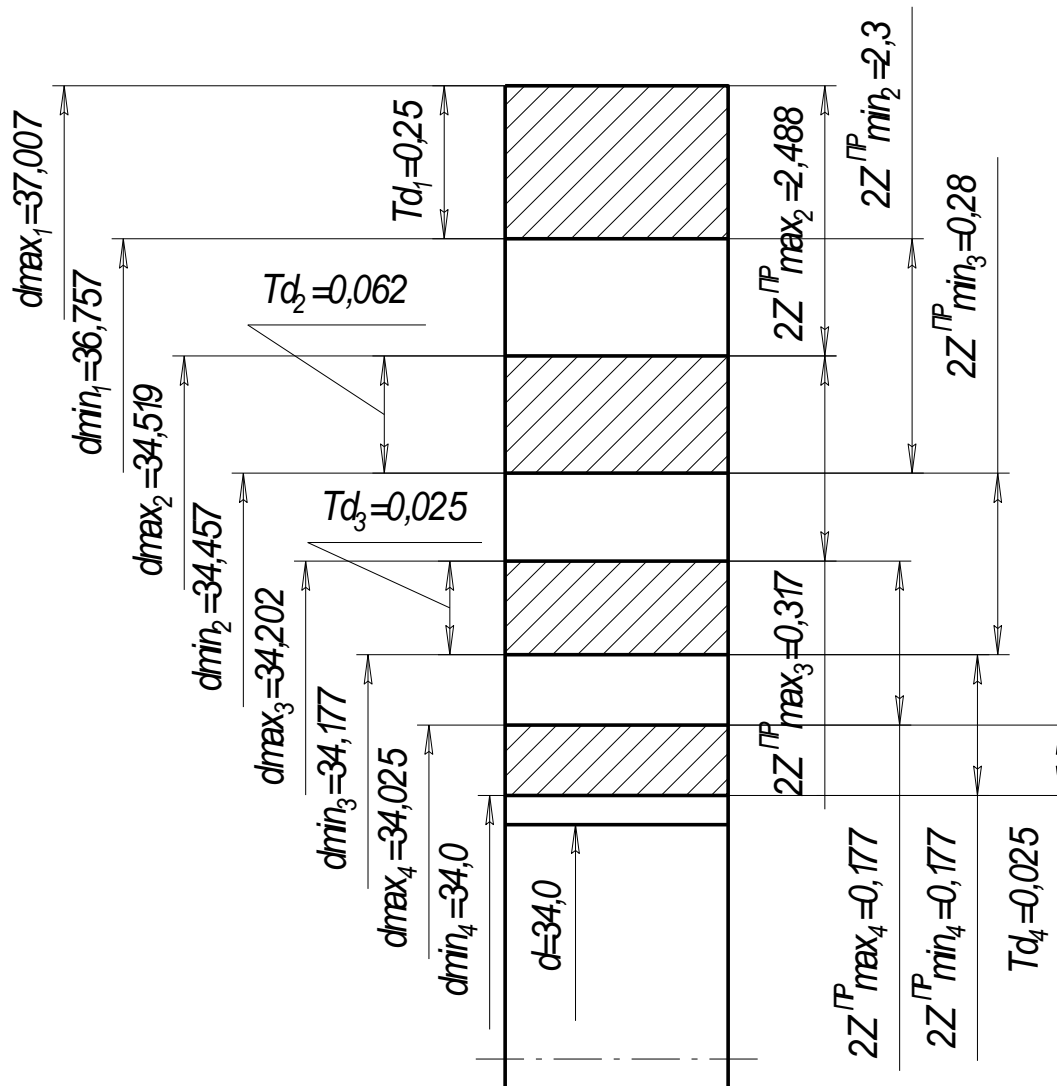


Рисунок 2.2 – Схема припусков и операционных размеров

Таблица 2.5 – Итоговая таблица расчёта припусков аналитическим методом

№ п/п	Метод обработки	Допуск		Элементы допуска				$2Z_{min}$	Предельные размеры		Предельные припуски	
		Условный	Числовой	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta\Sigma$	ε_i		d_{min}	D_{max}	$2Z_{PP}^{min}$	$2Z_{PP}^{max}$
1	Прокат	h15	1,0	0,16	0,2	0,635			36,757	37,007		
2	Точение черновое	h12	0,25	0,063	0,06	1,0	0,03	2,3	34,457	34,519	2,3	2,488
3	Точение чистовое	h9	0,062	0,02	0,03	0,06	0,03	0,28	34,177	34,202	0,28	0,317
4	Шлифование Предварит.	h7	0,025	0,0063	0,012	0,03	0,03	0,177	34,0	34,025	0,177	0,177

Таблица 2.6 – Выбор операционных припусков

№ операции	Название операции	№ поверхности	Припуск на диаметр	Припуск на торец
			$2Z_{табл.}$	$Z_{табл.}$
005	Фрезерно–центровальная	24, 27, 26, 60		2 1,5
010	Токарная черновая Правой стороны	14, 15, 17, 20, 21, 22, 55	1,6	1,5
015	Токарная черновая левой стороны	1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 43	1,6	1,5
020	Токарная чистовая Правой стороны	14, 15, 16, 19, 20, 22 71, 58, 56, 45, 46, 48, 50, 52	0,3	1,0
025	Токарная чистовая левой стороны	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 36, 33, 43	0,3	1,0
027	Токарная (нарезание резьбы)	30, 31		
030	Шпоночно–фрезерная	64, 65	$t = 2$	
040	Круглошлифовальная предварительная Правого конца	14, 15, 20, 22, 55, 63	0,1	0,5
045	Круглошлифовальная предварительная Левого конца	6, 7, 8, 43	0,1	0,5
095	Центровальная	24, 27	1,5	
115	Круглошлифовальная окончательная Правого конца	14, 15, 20, 22, 55	0,06	0,1
120	Круглошлифовальная окончательная Левого конца	6, 7, 8, 43, 37, 39	0,06	0,1
125	Шлифовальная	16, 19, 58, 70, 71, 72	0,5	
130	Полировальная	14, 15, 20	0,001	

Выбор режимов резания.

Расчет режимов резания аналитическим методом на шпоночно–фрезерную операцию (030).

Исходные данные:

На горизонтально–фрезерном станке 6Р80 производится фрезерование дисковой фрезой паза шириной $B = 4$ мм, глубиной $h = 3,5$ мм и длиной $l = 5,2$ мм. Обрабатываемый материал сталь 19ХГН; заготовка – прокат.

Инструмент – дисковая трехсторонняя фреза из быстрорежущей стали Р6М5.

$$1. V = [(C_v \times D^q) / (T^m \times t^x \times S_z^y \times B^u \times Z^p)] \times K_v,$$

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv},$$

$$K_{mv} = K_2 \times (750 / \sigma_B)^{nv},$$

где

σ_B – предел прочности,

nv – показатель степени

$$V = [(68,5 \times 50^{0,25}) / (120^{0,2} \times 3,5^{0,3} \times 0,05^{0,2} \times 4^{0,1} \times 14^{0,1})] \times 0,8 \times (750/600)^{1,0} \times 0,9 \times 1,0 = 52,6 \text{ м/мин}$$

$$2. n = (1000 \times V) / (\pi \times D),$$

$$n = (1000 \times 52,6) / (3,14 \times 50) = 335 \text{ мин}^{-1}$$

Изменим частоту:

$$n = 315 \text{ мин}^{-1}$$

3. Определяем реальную скорость:

$$V_D = (\pi \times D \times n_d) / 1000,$$

$$V_D = (3,14 \times 50 \times 315) / 1000 = 49,5 \text{ м/мин}$$

4. Определяем минутную подачу, мм/мин

$$S_m = S_z \times Z \times n_d,$$

$$S_m = 0,05 \times 14 \times 315 = 220,5 \text{ мм/мин}$$

Корректируем подачу по паспорту станка

$$5. P_z = [(10 \times C_p \times t^x \times S_z^y \times B^u \times Z) / (D^q \times n^w)] \times K_{mp},$$

$$K_{mp} = (\sigma_B / 750)^n,$$

где σ_B – предел прочности;

n – показатель степени

$$P_z = [(10 \times 68,2 \times 3,5^{0,86} \times 0,05^{0,72} \times 4^{1,0} \times 14) / (50^{0,86} \times 315^0)] \times (600/750)^{0,3} = 420 \text{ Н}$$

6. Крутящий момент, Нм

$$M_{кр} = (P_z \times D) / (2 \times 100),$$

$$M_{кр} = (420 \times 50) / (2 \times 100) = 105 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания, кВт

$$N = (P_z \times V) / (1020 \times 60), N = (420 \times 49,5) / (1020 \times 60) = 0,34 \text{ кВт}$$

8. Определение основного времени

$$T_o = (l + y + \Delta) / S_m,$$

где l – длина фрезерования, мм;

y – величина врезания при фрезеровании дисковой фрезой, мм;

Δ – величина перебега, мм

$$y = \sqrt{t \times (D - t)},$$

$$T_o = (5,2 + 12,76 + 2) / 200 = 0,1 \text{ мин}$$

3 Проектирование системы автоматического управления.

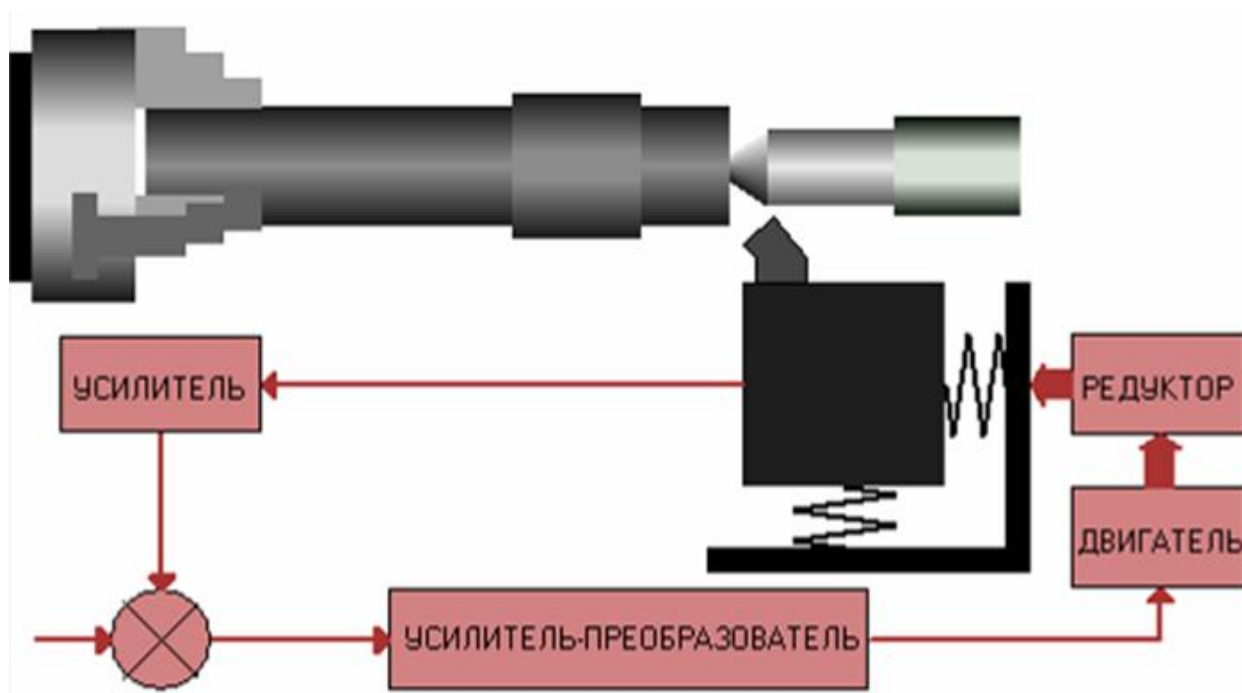


Рисунок 3.1 – Функциональная схема САУ.

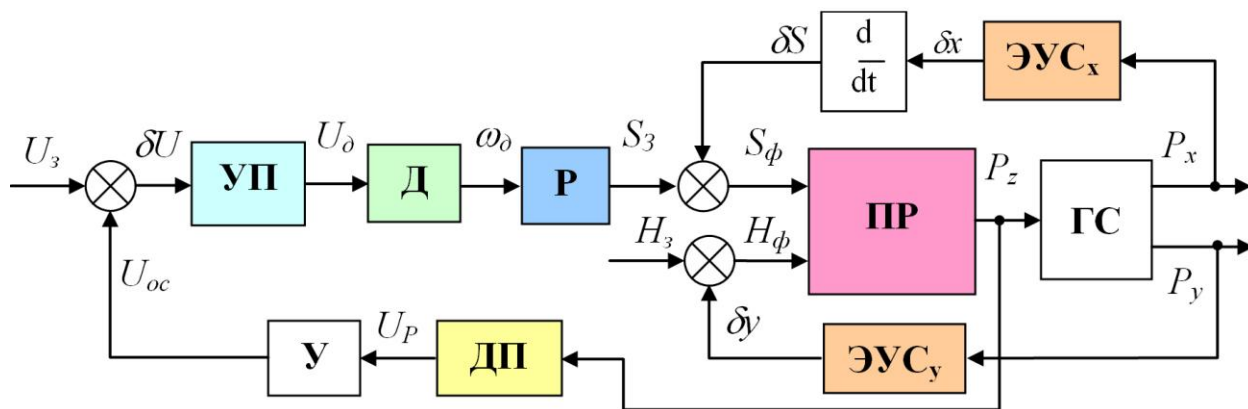


Рисунок 3.2 – Структурная схема САУ.

Математические модели процессов и устройств, входящих в систему автоматического управления.

Сила резания:

$$T_p \frac{dP}{dt} + P = kA,$$

Применим преобразование Лапласа к обеим частям уравнения:

$$L\left[T_p \frac{dP(t)}{dt} + P(t)\right] = L[kA(t)],$$

$$T_p sP(s) + P(s) = kA(s),$$

$$(T_p s + 1)P(s) = kA(s),$$

Тогда передаточная функция будет представлять собой выражение:

$$W_{\text{ИП}}(s) = \frac{P(s)}{A(s)},$$

$$W_{\text{ИП}}(s) = \frac{k}{T_p s + 1},$$

При точении:

$$P = C_p H^{x_p} S^{y_p} V^n k_p,$$

Эквивалентная упругая система станка:

$$\frac{1}{\omega_0^2} \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{2\xi}{\omega_0} \frac{dy}{dt} + y = \frac{1}{c} P,$$

Применим преобразование Лапласа для линеаризации уравнения:

$$L\left[\frac{1}{\omega_0^2} \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + \frac{2\xi}{\omega_0} \frac{dy(t)}{dt} + y(t)\right] = L\left[\frac{1}{c} P(t)\right],$$

$$\frac{1}{\omega_0^2} s^2 Y(s) + \frac{2\xi}{\omega_0} s Y(s) + Y(s) = \frac{1}{c} P(s),$$

$$Y(s) \left(\frac{1}{\omega_0^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_0} s + 1 \right) = \frac{1}{c} P(s),$$

Тогда получим для передаточной функции следующее выражение:

$$W_{\text{ЭУС}}(s) = \frac{Y(s)}{P(s)},$$

$$W_{\text{ЭУС}}(s) = \frac{\frac{1}{c}}{\frac{1}{\omega_0^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_0} s + 1}$$

Механический редуктор:

$$\omega_{\text{вых}} = k_p \omega_{\text{вх}} \quad \text{или} \quad \alpha_{\text{вых}} = k_p \alpha_{\text{вх}}$$

Электронный усилитель:

$$T_{\text{эy}} \frac{dU_{\text{ввх}}}{dt} + U_{\text{ввх}} = k_{\text{эy}} U_{\text{вх}},$$

После преобразования Лапласа получим:

$$L \left[T_{\text{эy}} \frac{dU_{\text{ввх}}(t)}{dt} + U_{\text{ввх}}(t) \right] = L [k_{\text{эy}} U_{\text{вх}}(t)],$$

$$T_{\text{эy}} s U_{\text{ввх}}(s) + U_{\text{ввх}}(s) = k_{\text{эy}} U_{\text{вх}}(s),$$

$$U_{\text{ввх}}(s) (T_{\text{эy}} s + 1) = k_{\text{эy}} U_{\text{вх}}(s),$$

И далее

$$W_{\text{эy}}(s) = \frac{U_{\text{ввх}}(s)}{U_{\text{вх}}(s)},$$

$$W_{\text{эy}}(s) = \frac{k_{\text{эy}}}{T_{\text{эy}} s + 1}$$

Усилитель-преобразователь электропривода:

$$T_{\text{yn}} \frac{dU_{\text{ввх}}}{dt} + U_{\text{ввх}} = k_{\text{yn}} U_{\text{вх}},$$

Проводим преобразование Лапласа для приведения к линейному виду дифференциального уравнения.

$$L \left[T_{\text{yn}} \frac{dU_{\text{ввх}}(t)}{dt} + U_{\text{ввх}}(t) \right] = L [k_{\text{yn}} U_{\text{вх}}(t)],$$

$$T_{\text{yn}} s U_{\text{ввх}}(s) + U_{\text{ввх}}(s) = k_{\text{yn}} U_{\text{вх}}(s),$$

$$U_{\text{ввх}}(s) (T_{\text{yn}} s + 1) = k_{\text{yn}} U_{\text{вх}}(s),$$

Тогда

$$W_{\text{yn}}(s) = \frac{U_{\text{ввх}}(s)}{U_{\text{вх}}(s)},$$

$$W_{\text{yn}}(s) = \frac{k_{\text{yn}}}{T_{\text{yn}} s + 1}$$

Электропривод постоянного тока:

$$T_{\text{я}} T_{\text{м}} \frac{d^2 \omega}{dt^2} + T_{\text{м}} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{\text{д}} U,$$

Используем преобразование Лапласа:

$$L\left[T_{я}T_{м} \frac{d^2\omega(t)}{dt^2} + T_{м} \frac{d\omega(t)}{dt} + \omega(t)\right] = L[k_{\delta}U(t)],$$

$$T_{я}T_{м}s^2\Omega(s) + T_{м}s\Omega(s) + \Omega(s) = k_{\delta}U(s),$$

$$\Omega(s)(T_{я}T_{м}s^2 + T_{м}s + 1) = k_{\delta}U(s),$$

Передаточная функция тогда будет:

$$W_{\text{эд}}(s) = \frac{\Omega(s)}{U(s)},$$

И окончательно:

$$W_{\text{эд}}(s) = \frac{k_{\delta}}{T_{я}T_{м}s^2 + T_{м}s + 1}$$

Гидравлический усилитель:

$$T_{\text{гв}} \frac{dQ}{dt} + Q = k_{\text{гв}}h,$$

Проводим преобразование Лапласа для приведения к линейному виду дифференциального уравнения.

$$L\left[T_{\text{гв}} \frac{dQ(t)}{dt} + Q(t)\right] = L[k_{\text{гв}}h(t)],$$

$$T_{\text{гв}}sQ(s) + Q(s) = k_{\text{гв}}H(s),$$

$$Q(s)(T_{\text{гв}}s + 1) = k_{\text{гв}}H(s),$$

Передаточную функцию можно тогда записать в следующем виде:

$$W_{\text{гв}}(s) = \frac{Q(s)}{H(s)},$$

$$W_{\text{гв}}(s) = \frac{k_{\text{гв}}}{T_{\text{гв}}s + 1}$$

Двухкаскадный гидравлический усилитель:

$$T^2 \frac{d^2Q}{dt^2} + 2\xi T \frac{dQ}{dt} + Q = k_{\text{гв}}h,$$

Преобразование Лапласа позволит из этого дифференциального уравнения получить линейное уравнение:

$$L\left[T^2 \frac{d^2Q(t)}{dt^2} + 2\xi T \frac{dQ(t)}{dt} + Q(t)\right] = L[k_{\text{гв}}h(t)],$$

$$T^2 s^2 Q(s) + 2\xi Ts Q(s) + Q(s) = k_{zy} H(s),$$

$$Q(s)(T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1) = k_{zy} H(s),$$

А передаточная функция примет вид:

$$W_{ГВ}(s) = \frac{Q(s)}{H(s)},$$

$$W_{ГВ}(s) = \frac{k_{zy}}{T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1}$$

Гидравлический двигатель:

$$T_{z\omega} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{z\omega} Q,$$

Проводим линеаризацию данного уравнения:

$$L\left[T_{z\omega} \frac{d\omega(t)}{dt} + \omega(t)\right] = L[k_{z\omega} Q(t)],$$

$$T_{z\omega} s \Omega(s) + \Omega(s) = k_{z\omega} Q(s),$$

$$\Omega(s)(T_{z\omega} s + 1) = k_{z\omega} Q(s),$$

Для передаточной функции получим выражение:

$$W_{ГД}(s) = \frac{\Omega(s)}{Q(s)},$$

$$W_{ГД}(s) = \frac{k_{z\omega}}{T_{z\omega} s + 1}$$

Гидроцилиндр:

$$y_{zц} = \frac{1}{F_{zц}} \int Q dt,$$

Найдем передаточную функцию с помощью преобразования Лапласа:

$$L[y_{zц}(t)] = L\left[\frac{1}{F_{zц}} \int Q(t) dt\right],$$

$$Y_{zц}(s) = \frac{1}{F_{zц}} \frac{1}{s} Q(s),$$

Окончательно

$$W_{ГЦ}(s) = \frac{Y_{zц}(s)}{Q(s)},$$

$$W_{ГЦ}(s) = \frac{1}{F_{ц} s}$$

Электропривод главного движения:

$$T_{\circ} \frac{dI}{dt} + I = k_{\circ} M,$$

Проведем линеаризацию этого уравнения. Для чего применим преобразование Лапласа к обеим частям уравнения:

$$L\left[T_{\circ} \frac{dI(t)}{dt} + I(t)\right] = L[k_{\circ} M(t)],$$

$$T_{\circ} s I(s) + I(s) = k_{\circ} M(s),$$

$$I(s)(T_{\circ} s + 1) = k_{\circ} M(s),$$

$$W_{AD}(s) = \frac{I(s)}{M(s)},$$

$$W_{AD}(s) = \frac{k_{\circ}}{T_{\circ} s + 1}$$

Электромеханический преобразователь:

$$T_{e.m} \frac{dh_{\text{вых}}}{dt} + h_{\text{вых}} = k_{e.m} U_{e.m},$$

Приведем это уравнение к линейному виду:

$$L\left[T_{e.m} \frac{dh_{\text{вых}}(t)}{dt} + h_{\text{вых}}(t)\right] = L[k_{e.m} U_{e.m}(t)],$$

$$T_{e.m} s H_{\text{вых}}(s) + H_{\text{вых}}(s) = k_{e.m} U_{e.m}(s),$$

$$H_{\text{вых}}(s)(T_{e.m} s + 1) = k_{e.m} U_{e.m}(s),$$

Тогда

$$W_{ЭМП}(s) = \frac{H_{\text{вых}}(s)}{U_{e.m}(s)},$$

$$W_{ЭМП}(s) = \frac{k_{e.m}}{T_{e.m} s + 1}$$

Измерительный прибор:

$$U_{\text{вых}} = k_n A_{\text{вх}},$$

Передающая функция:

$$W_{II}(s) = k_n.$$

Проведено исследование силовых характеристик при круглом врезном шлифовании. В основе математической модели лежит численный метод расчета главного параметра любого процесса шлифования. Например, длины линии контакта шлифовального круга и заготовки. Предложенный алгоритм имеет универсальный характер и предоставляет возможность в последующих расчетах силовых характеристик использовать наиболее адекватную характеристику процесса шлифования - скорость снятия припуска.

4 Научные исследования.

Силовые характеристики при шлифовании.

Процесс резания, выполняемый зернами абразивного, алмазного или эльборового материала, закрепленного в связке, которая обеспечивает определенную форму инструмента есть шлифование. Благодаря большой твердости абразива, шлифованием можно обрабатывать практически любые материалы.

В качестве абразивного материала в основном используют электрокорунд белый (марки 25А, 24А, 23А, 22А), электрокорунд хромистый (марки 34А, 33А, 32А). Шлифование синтетическими алмазами в работе не рассматривается. Рекомендуется для шлифования легированных и конструкционных сталей применять электрокорунд белый, для шлифования с увеличенным припуском – электрокорунд хромистый, для шлифования чугунов – карбид кремния зеленый и черный. В качестве связки используют в основном керамическую (К), бакелитовую (Б) и вулканитовую (В), которые различаются по твердости: мягкая (М1, М2, М3), средняя (С1, С2), и твердая (Т1, Т2). Абразивные зерна разделяют по размерам, которые определяют зернистость в мкм (5, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63 и больше).

Операции шлифования применяют преимущественно как финишные, поэтому к ним предъявляют высокие требования относительно обеспечения необходимого качества поверхностного слоя деталей, который будет в дальнейшем определять их эксплуатационные свойства. Тем не менее, операции шлифования используют также и для черновой, предыдущей обработки со значительными припусками (2.5 мм).

Процесс шлифования, в отличие от процессов лезвийной обработки, имеет некоторые характерные особенности, среди которых можно выделить следующие:

- резание осуществляется большим количеством, по обыкновению хаотически расположенных абразивных зерен, которые имеют форму многогранников произвольной формы с радиусом округления вершин $8..20 \text{ мкм}$. С учетом такой особенности резание происходит преимущественно с отрицательными передними углами.
- большая скорость резания ($30..100 \text{ м/с}$) и неблагоприятная геометрия режущих зерен провоцирует повышенные температуры зоны резания ($10000..15000^{\circ}\text{C}$).
- абразивный инструмент может работать в режиме затупления и самозатачивания. Затупление связано с изнашиванием абразивных зерен, остатками стружки, шлама в промежутках между зернами. Самозатачивание обусловлено выпадением или скалыванием абразивных зерен. Режим затупления не вызывает изменения размера инструмента, режим самозатачивания изменяет как форму, так и размер инструмента.

Врезное шлифование выполняется по схеме, которая представлена на рисунке 4.1. Заготовка 1 установлена в центрах круглошлифовального станка и ей передается движение вращения с частотой n_z . Диаметр D_z заготовки шлифуется на ширине B шлифовальным кругом 2 диаметром D_k , который вращается с частотой n_k и которому сообщается движение поперечной врезной подачи S_g и в некоторых случаях осциллирующее движение со скоростью S_o .

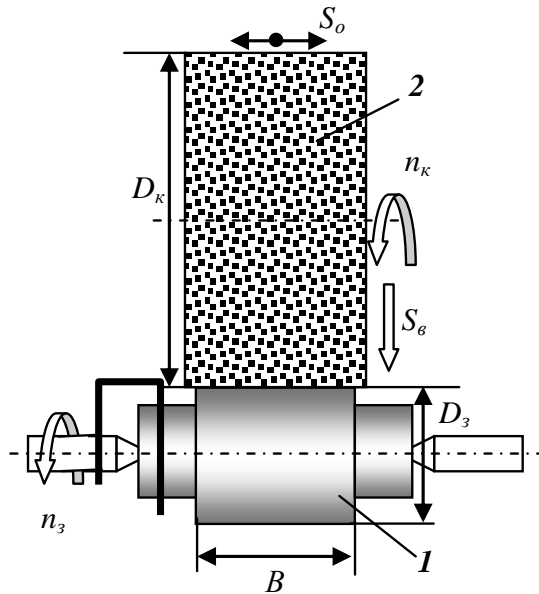


Рисунок 4.1 – Схема врезного круглого шлифования.

Эффективность процесса шлифования и все его характеристики определяются, прежде всего, длиной дуги контакта шлифовального круга с заготовкой. Именно по траектории этой дуги выполняется движение резания каждым абразивным зерном.

Для схемы круглого внешнего шлифования с врезной подачей (рисунок 4.2, а) из геометрических соотношений $\Delta O_1 O_2 B$:

$$\cos \varepsilon = \frac{O_1 O_2^2 + R_e^2 - R_\kappa^2}{2 \cdot O_1 O_2 \cdot R_e}, \quad (4.1)$$

где R_κ – радиус шлифовального круга, R_3 – радиус заготовки, а межцентровое расстояние:

$$O_1 O_2 = R_3 + R_\kappa - H, \quad (4.2)$$

где H – глубина резания.

После подстановки (4.2) в (4.1) и некоторых алгебраических преобразований получаем:

$$\cos \varepsilon = 1 - \frac{R_{\zeta} H}{R_{\zeta} R_{\epsilon} + R_{\epsilon}^2 - R_{\epsilon} H}. \quad (4.3)$$

Воспользовавшись известной зависимостью $\sin \varepsilon = \sqrt{1 - \cos^2 \varepsilon}$, с учетом (4.3) можно найти формулу для определения угла контакта:

$$\sin \varepsilon = \sqrt{\frac{2R_{\zeta}^2 R_{\epsilon} H + 2R_{\zeta} R_{\epsilon}^2 H - 2R_{\zeta} R_{\epsilon} H^2 - R_{\zeta}^2 H^2}{(R_{\zeta} R_{\epsilon} + R_{\epsilon}^2 - R_{\epsilon} H)^2}}. \quad (4.4)$$

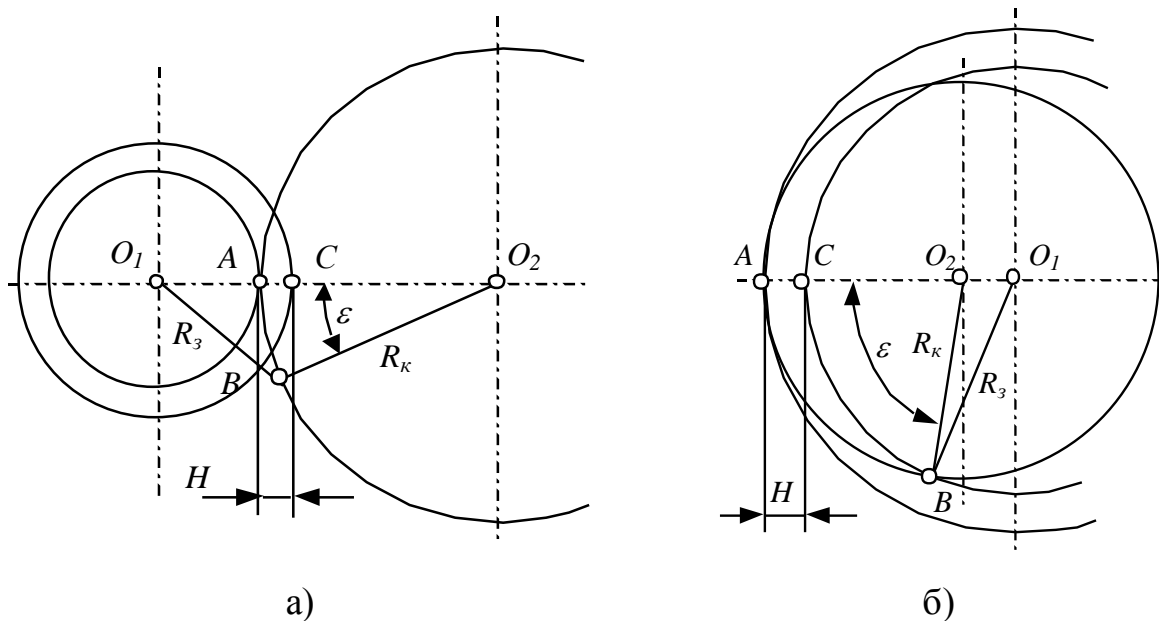


Рисунок 4.2 – Определение длины линии контакта.

Учитывая, что глубина резания намного меньше диаметра шлифовального круга и заготовки, в формуле (4.4) без ухудшения точности расчетов можно пренебречь членами второго порядка малости. И вдобавок известно, что угол контакта при реальных условиях шлифования является

малой величиной, т.е. $\varepsilon \approx \sin \varepsilon$. Таким образом, после простых алгебраических преобразований, зависимость (4.4) будет иметь вид:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{2R_{\zeta}H}{R_{\varepsilon}(R_{\zeta} + R_{\varepsilon})}}. \quad (4.5)$$

Длина линии контакта $L_{\kappa} = \varepsilon R_{\kappa}$, поэтому:

$$L_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{2R_{\zeta}R_{\varepsilon}H}{R_{\zeta} + R_{\varepsilon}}}. \quad (4.6)$$

Тем не менее, такой метод определения важнейшего параметра процесса шлифования не является универсальным и не может применяться при анализе разных методов врезного шлифования, например, шлифования некруглых в поперечном сечении поверхностей, шлифовании контуров на станках с ЧПУ и т.п. Кроме того, он предусматривает, что заготовка имеет идеальную цилиндрическую форму, а припуск абсолютно эквидистантный, что на самом деле является идеализацией реальных процессов. Поэтому наиболее универсальным является численный метод, алгоритм которого объясняется схемой на рисунке 4.3.

В соответствии с предложенным численным методом весь контур заготовки представляется дискретной геометрической моделью в виде массивов $[z_i]$ и $[y_i]$. Для каждого шага моделирования необходимо определить координаты точки A (начало линии контакта шлифовального круга с заготовкой) и точки B – окончание линии контакта (рисунок 4.3).

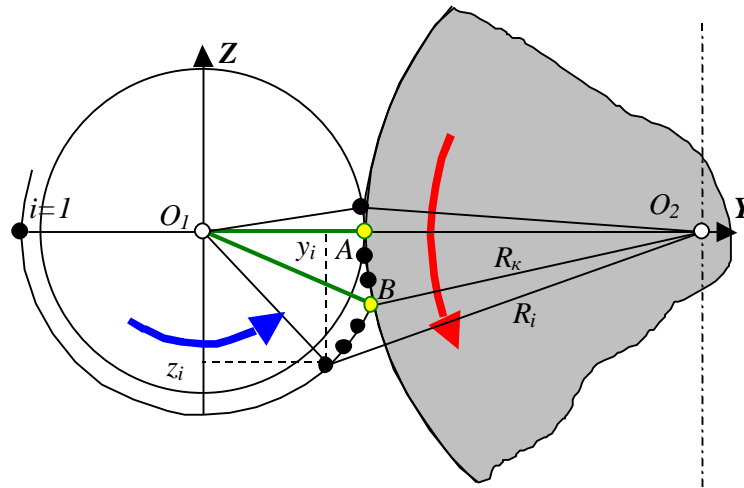


Рисунок 4.3 – Определение длины линии контакта.

По алгоритму, блок-схема которого представлена на рисунке 4.4, выполняя сравнение радиуса R_i с радиусом R_k шлифовального круга, группа блоков 1 определяет координаты точки B , а потом группа блоков 2 – координаты точки A . Далее, по геометрическим соотношениям $\triangle ABO_2$ рассчитывается угол контакта ε и длина L_k линии контакта как длина дуги круга с радиусом R_k и центральным углом ε . Кроме того, на каждом шаге моделирования, координаты определенных таким образом точек A и B присваиваются контуру заготовки, который образовался в результате срезания слоя припуска.

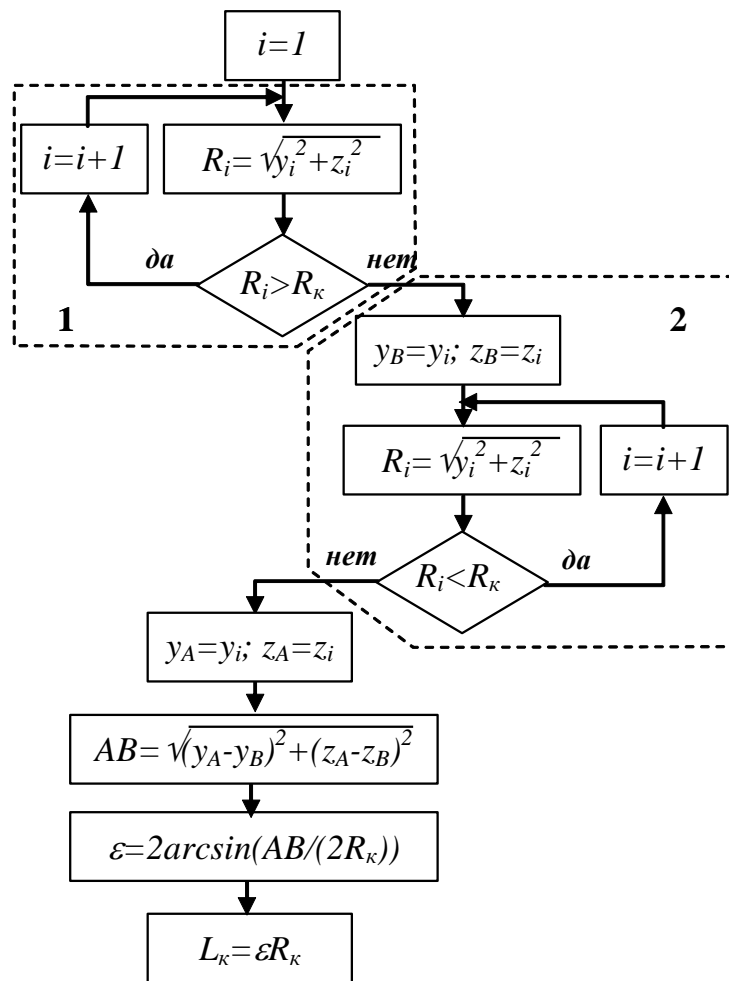


Рисунок 4.4 – Блок-схема алгоритма расчета длины линии контакта.

При шлифовании с врезной подачей сила резания P обычно раскладывается на две составляющие P_o – окружная и P_r – радиальная (рисунок 4.5). Учитывая практический опыт, можно констатировать, что $P_r = (2...4)P_o$. Это объясняется особенностью процесса резания при шлифовании, которые были указаны выше, а именно, формой абразивных зерен, образующих режущий клин.

Составляющая P_o силы резания определяется эмпирической зависимостью, которая имеет традиционный вид и включает составляющие режима резания:

$$P_o = C_p V_\zeta^x S^y V^\alpha B^\beta, \quad (4.7)$$

где V_3 – скорость заготовки (м/мин), S – поперечная подача (мм/об), V – скорость резания (м/с), B – ширина шлифования (мм), C_p , x , y , α , β – эмпирические коэффициент и показатели степени.

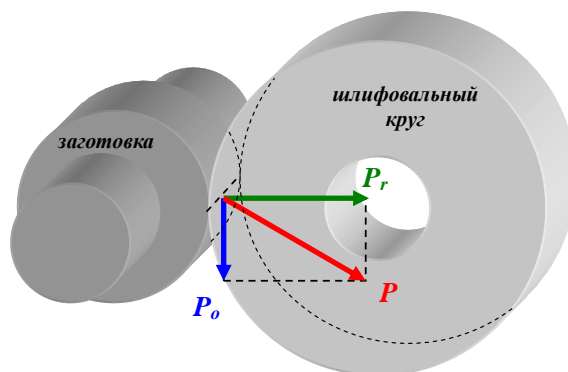


Рисунок 4.5 – Схема разложения силы резания.

По результатам экспериментальных исследований эмпирические показатели степени варьируются в довольно широком диапазоне: $x = 0,35...0,8$; $y = 0,24...1,0$; $\alpha = +0,5...-1,0$; $\beta = 0,8...1,0$. Анализ формул типа (4.7) и результатов экспериментальных исследований показывают, что с увеличением скорости заготовки, поперечной подачи сила и соответственно эффективная мощность резания увеличиваются. Такое влияние отображается коэффициентом C_p в зависимости (4.7). Скорость резания влияет так, что при ее увеличении сила резания уменьшается, тем не менее, мощность повышается, что свидетельствует о нелинейности зависимости силы резания от скорости резания (4.7).

Экспериментально наиболее просто и достоверно определяется мощность резания. Поэтому распространено определение окружной составляющей на основе эмпирической зависимости мощности резания при круглом врезном шлифовании:

$$N = C_N V_\varphi^\alpha S^y D_\varphi^z B^p. \quad (4.8)$$

Далее, с учетом того, что $V \gg V_3$, т.е. почти вся мощность тратится на шлифовальном круге, рассчитывается окружная составляющая силы резания по известной формуле:

$$P_o = N / V. \quad (4.9)$$

Таким образом, не смотря на то, что всеми исследователями отмечается важность и информативность такой характеристики процесса шлифования как длина линии контакта, она не используется в соответствующих зависимостях определения силы резания. Кроме того, установлено, что такие параметры режима резания как подача или глубина резания теряют свое первичное содержание для некоторых видов шлифования, например, при шлифовании некруглых поверхностей, контуров и т.п. и поэтому не могут использоваться в формулах для расчета силы резания.

Проведенные исследования процесса шлифования позволили определить обобщенный показатель, по которому можно оценивать как интенсивность самого процесса, так и качество обработанной поверхности, т.е. его можно положить в основу математической модели любого процесса шлифования. Таким показателем является скорость снятия припуска, которую целесообразнее всего измерять ее аналогом, имеющим размерность $мм^2/рад$. Этот параметр не зависит от скоростей режима шлифования и определяется исключительно геометрическим взаимодействием исходной инструментальной поверхности шлифовального круга и заготовки. Для перехода к скорости снятия припуска достаточно аналог умножить на ширину (высоту или длину) шлифования и на угловую скорость вращения заготовки (размерность скорости вращения заготовки – $рад/с$). В результате получаем традиционную размерность $мм^3/с$ скорости снятия припуска.

Для определения аналога скорости снятия припуска в случае шлифования произвольной поверхности, рассмотрим схему формообразования (рисунок 4.6).

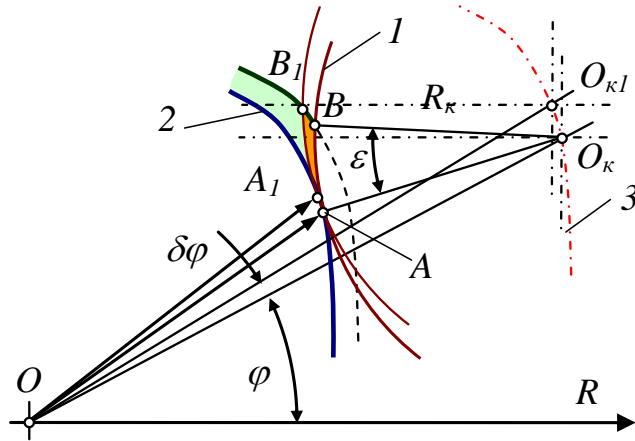


Рисунок 4.6 – Схема формообразования 2-D поверхностей.

На схеме изображены два положения периферии шлифовального круга (линия 1) при формообразовании контура детали (линия 2), которые отличаются малым перемещением ($\delta\varphi$) по эквидистанте (линия 3). Из схемы видно, что скорость снятия припуска можно оценивать ее аналогом:

$$Q = \lim_{\delta\varphi \rightarrow 0} \frac{\delta F}{\delta\varphi}, \quad (4.10)$$

где δF – площадь фигуры AA_1BB_1 , которая определяет сечение срезаемого слоя при элементарном перемещении круга по эквидистанте.

Скорость снятия припуска рассчитывается по формуле:

$$Q_v = QV_\varphi B, \quad (4.11)$$

где V_φ – скорость движения в направлении угловой координаты заготовки, B – ширина шлифования.

Поскольку толщина срезаемого слоя значительно меньше диаметра круга, а также учитывая, что $\delta\varphi \rightarrow 0$, с большой степенью точности площадь сечения срезаемого слоя можно заменить площадью треугольника со сторонами:

$$AB = L_{\kappa} \text{ и } AB_1 = L_{\kappa} + \delta L_{\kappa} + \delta\varphi r_c$$

где L_{κ} – длина линии контакта шлифовального круга и заготовки, δL_{κ} – приращение длины линии контакта, r_c – средний полярный радиус контура детали на участке AA_1 .

Из геометрических соотношений схемы следует, что угол между сторонами этого треугольника равняется, а площадь:

$$\delta F = 0,5L_{\kappa}(L_{\kappa} + \delta L_{\kappa} + \delta\varphi r_c)\sin \delta\varphi.$$

Теперь из зависимости (4.10) с учетом, что при $\delta\varphi \rightarrow 0$, $\sin\delta\varphi \approx \delta\varphi$, получаем, отбрасывая члены высшего порядка малости:

$$Q = 0,5L_{\kappa}^2. \quad (4.12)$$

Полученная таким образом, зависимость (4.12) имеет универсальный характер, т.е. может использоваться для расчетов при обработке любых поверхностей с 2-D профилями.

Сравнительные расчеты показывают, что полученная зависимость (4.12) обеспечивает высокую точность. Например, сравнение результатов расчетов по традиционной формуле $Q = HD_s/2$ (которая справедлива, кстати, только в случаях обработки поверхностей постоянной кривизны и без учета формы заготовки, которая образуется на предыдущем проходе) и формулы (4.12) при врезном шлифовании цилиндрической детали $D_s = 40$ мм шлифовальным кругом $D_{\kappa} = 400$ мм при глубине резания $H = 0,2$ мм показывает, что расхождение не превышает 0,05%, что вполне достаточно для практических расчетов.

Итак, окружная составляющая силы резания для всех схем врезного шлифования определяется эмпирической зависимостью, которая учитывает также и влияние скорости резания:

$$P_o = C_p (Q\omega_\zeta)^x V^y B, \quad (4.13)$$

где Q – аналог скорости снятия припуска ($мм2/рад$), ω_ζ – угловая скорость заготовки ($рад/с$), V – скорость резания ($м/с$), B – ширина шлифования ($мм$), C_p , x , y – эмпирические коэффициент и показатели степени.

В зависимости (4.13) произведение в скобках определяет скорость снятия припуска. Именно поэтому формула (4.13) хорошо коррелирует с зависимостями, которые положены в основу разработки алгоритмов управления процессом шлифования.

Кроме того, при использовании традиционных зависимостей вида (4.7) в справочниках приходится искусственно увеличивать коэффициент C_p при внутреннем шлифовании, хотя все параметры режима резания (подача, скорость заготовки и т.п.) и материал заготовки не изменяются по сравнению с внешним шлифованием. Полученная зависимость (4.13) лишена такого недостатка, так как она использует основную, первичную характеристику процесса шлифования - скорость снятия припуска, которая определяется через длину линии контакта шлифовального круга и заготовки и поэтому является значительно ближе к реальной физике процесса шлифования.

5 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 вала шлицевого КС-4572»

Анализ был проведен в соответствии с известной методикой.

5.1 Назначение участка

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «вал шлицевой КС-4572».

5.2 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.

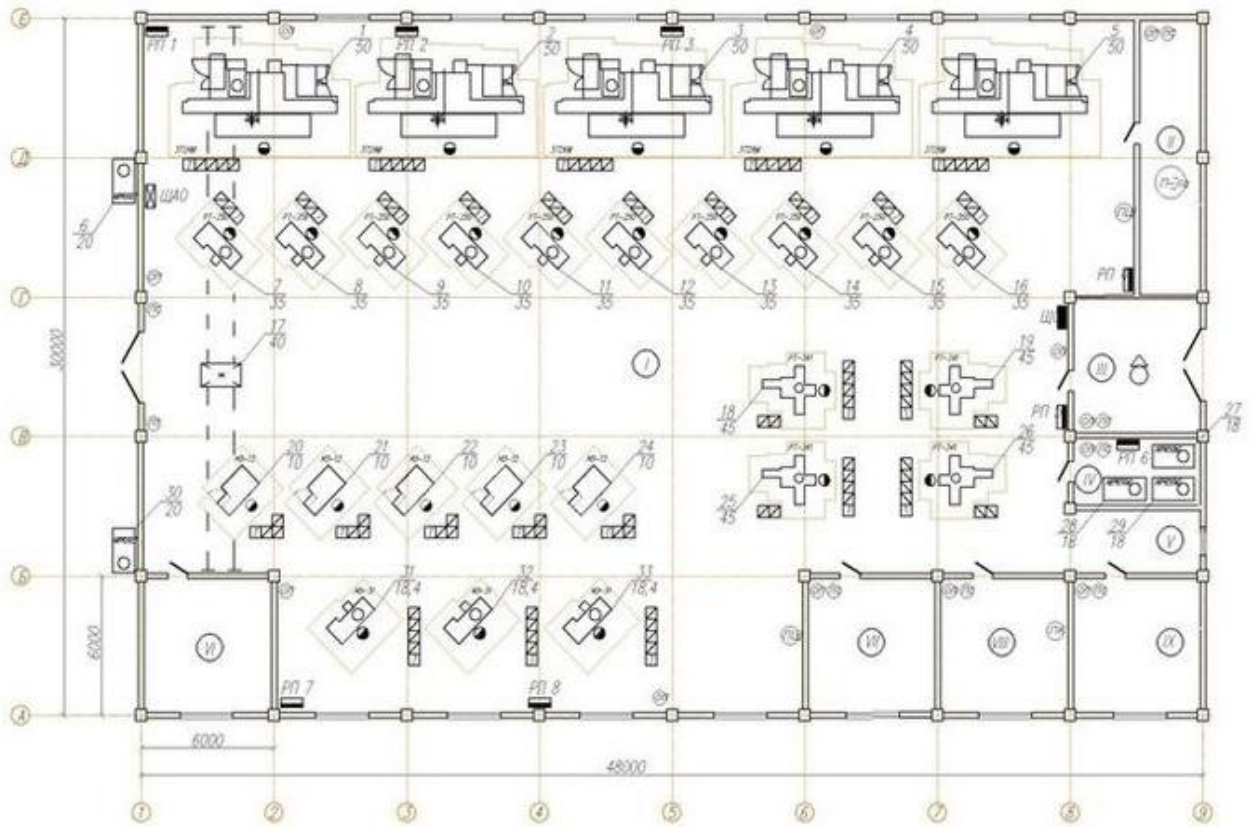


Рисунок 5.1 – План участка.

5.3 Состав оборудования

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Состав оборудования

№ п/п	Оборудование	Количество, шт.
1	Фрезерно–центровальный МР–71М	1
2	Токарный гидрокопировальный станок 1716Ц	4
3	Горизонтально–фрезерный станок универсальный 6Р80	1
4	Вертикально–сверлильный станок 2Н125	2
5	Торцевкруглошлифовальный 3Б153Т	5
6	Шлиценакатной специальный	1
7	Специальный горизонтально–сверлильный станок 2805П	1
8	Полировальный станок 3Б825	1
Итого:		16

Таблица 5.2 – Технологический маршрут обработки детали «Вал шлицевой КС-4572»

Наименование цеха	Номер операции	Наименование операции	Применяемое оборудование	Содержание операции
Механический	005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР-71М	Фрезерование
Механический	010, 015, 020, 025	Токарная	Токарный гидрокопировальный станок 1716Ц	Точение
Механический	030	Шпоночно-фрезерная	Горизонтально-фрезерный станок универсальный 6Р80	Фрезерование
Механический	035, 080	Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок 2Н125	Сверление
Механический	040, 045, 115, 120, 125	Торцегруклошлифовальная	Торцекруглошлифовальный 3Б153Т	Шлифование
Механический	060	Шлиценакатная	Шлиценакатной специальный	Шлиценакатка
Механический	085	Сверлильная	Специальный горизонтально-сверлильный станок 2805П	Сверление
Механический	130	Полировальная	Полировальный станок 3Б825	Полирование

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

5.2 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 5.3 – Вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	Точение	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	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, противощумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи.
2	Шлифование	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	1. Ношение защитных очков, специальной одежды. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования. 4. Использование акустических экранов, противощумных
			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.

6 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 вала шлицевого КС-4572, 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 токарно-гидрокопировальный станок с числовым программным управлением, модель 1716Ц. В качестве оснастки используется патрон токарный самоцентрирующий 3-хкулачковый клиновой ГОСТ 24351-80. Для выполнения всех закрепленных за данной операцией процессов применяется набор инструментов, в который входят: токарный сборный контурный резец с механическим креплением клин-прихватом 3-хгранных твердосплавных пластин (ГОСТ 26476-85), токарный резец с креплением перетачиваемых пластин для обработки канавок (ОСТ 2И10-7-84) и токарный резьбовой резец с пластинами из твердого сплава (ГОСТ 18885-73).

Результатом предложенного совершенствования операции 020, как говорилось выше, стало снижение трудоемкости ее выполнения на 16,8%, т.е. трудоемкость снизилась с 1,16 до 0,965 минут.

На диаграмме (рисунок 6.1) представлены основные изменения параметров, участвующих в формировании технологической себестоимости, которые наглядно показывают, на сколько, изменятся эти величины.

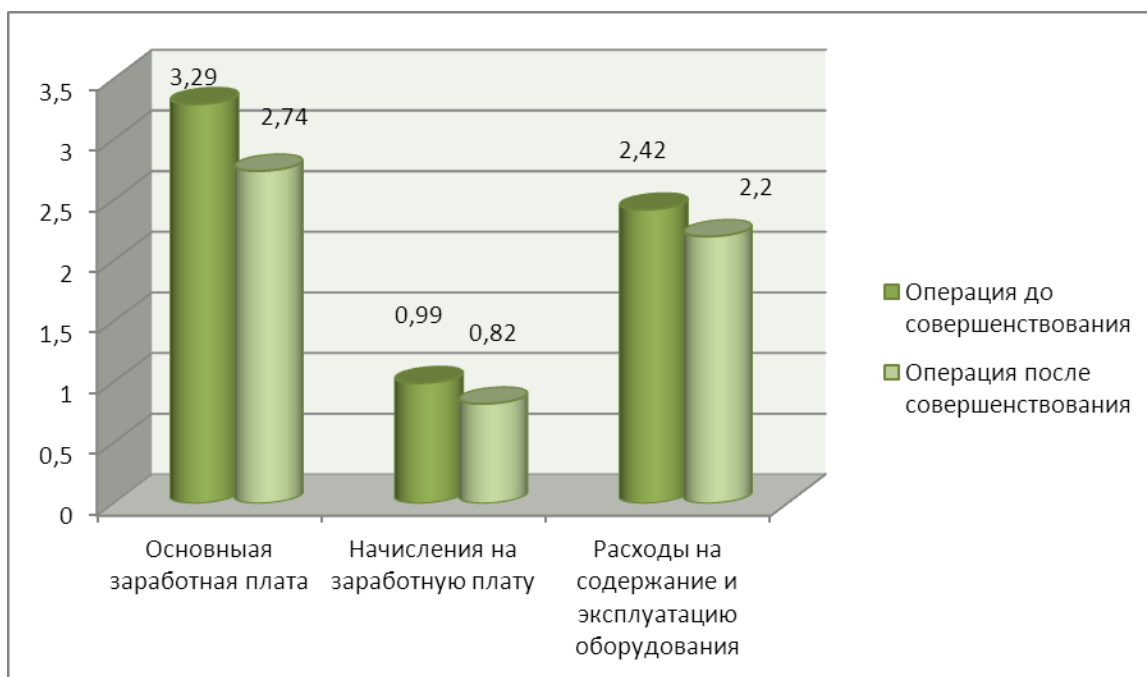


Рисунок 6.1 – Изменение величин параметров, входящих в технологическую себестоимость, руб.

Для определения каждой величины, указанной на рисунке 6.1, использовалась методика расчета элементов технологической себестоимости и пакет программного обеспечения Microsoft Excel.

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 6.1 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 0,93 руб., а с учетом программы выпуска данная величина ожидаемой экономии будет равна 4650 рублей, что уже не кажется такой незначительной.

Данное изменение, безусловно, окажет прямое влияние на величину полной себестоимости изготовления вала. Для определения значения полной себестоимости воспользуемся методикой калькулирования. В результате проведенных расчетов, полная себестоимость по совершенствованной операции составит 15,79 руб., а до совершенствования она составляла – 18,75 руб., т.е. совершенствование позволило сократить полную себестоимость на 2,96 руб., что составляет 15,8%.

Далее проанализируем изменения, связанные с общими капитальными затратами до и после совершенствования операции 020 Токарной. На диаграмме (рисунок 6.2) представлены величины основных затрат по сравниваемым вариантам операции 020.

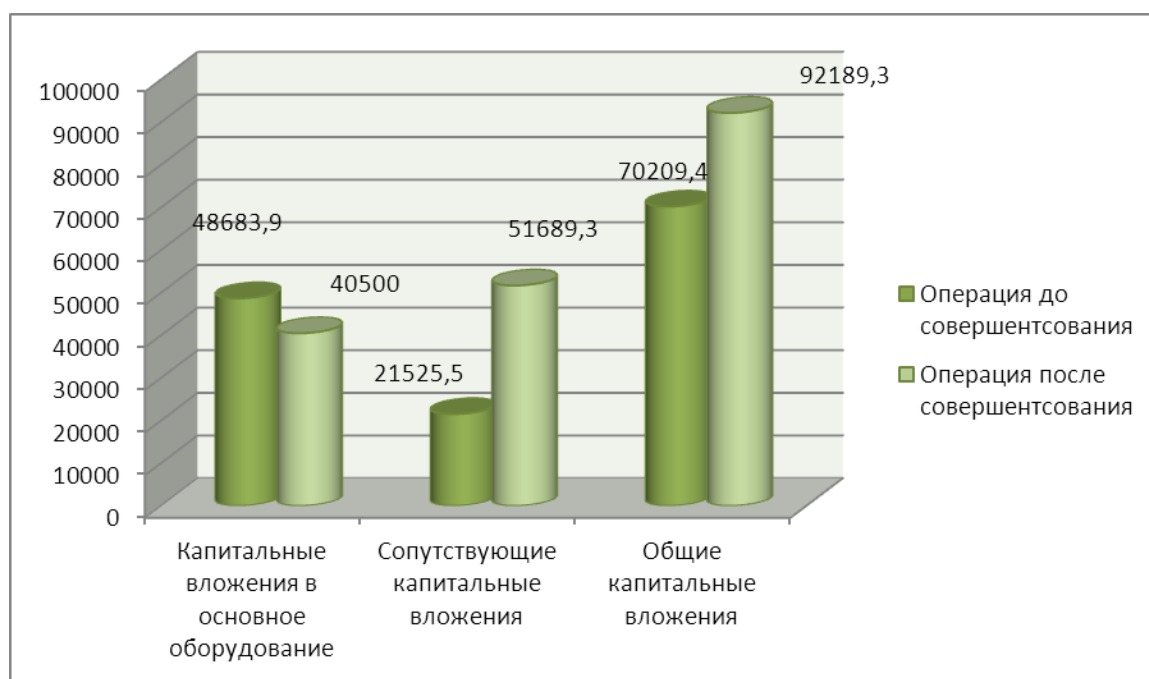


Рисунок 6.2 – Динамика изменения элементов общих капитальных затрат в операцию 020 Токарную, руб.

Анализируя, представленные на диаграмме (рисунок 6.2), 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 5777,6 руб., а прибыль на каждый вложенный рубль (индекс доходности) составила 1,17 руб./руб. Представленные значения позволяют сделать окончательный вывод о целесообразности внедрения предложенных совершенствований по технологическому процессу изготовления вала шлицевого КС-4572.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной работы проведено исследование силовых характеристик при круглом врезном шлифовании. В основе математической модели лежит численный метод расчета главного параметра любого процесса шлифования. Например, длины линии контакта шлифовального круга и заготовки. Предложенный алгоритм имеет универсальный характер и предоставляет возможность в последующих расчетах силовых характеристик использовать наиболее адекватную характеристику процесса шлифования - скорость снятия припуска.

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. Колокотов. – 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. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: Учебник. – М.: КНОРУС, 2013. – 336 с.
25. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 352 с.
26. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London: Springer Reference, 2015. – 3491 p.
27. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York: Springer Science+Business Media, 2008. – 1589 p.
28. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability/ B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. - Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015 – 502 p.
29. Rösler, J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites/J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. - Berlin Heidelberg New York: Springer, 2007 – 540 p.
30. Silberschmidt V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance/V. Silberschmidt, V. Matveenko Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – 205 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта.

Дубл.	Взам.	Подп.	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.		
																				2	7
Обозначение документа																					
Код, наименование оборудования																					
Код, наименование операции																					
СМ																					
Проф.																					
Р																					
УТ																					
КР																					
КОИД																					
ЕН																					
ОП																					
Кшт																					
Тпз.																					
Тшт.																					
01А	XXXXXX	030	4110	Фрезерная	ИОТИ 37.101.7034-93																
02Б	391148XXX			SAMAT 135 NC		2	15929	411	1P	1	1	1	1	1	1	236	1	17	17	1,896	
03О	Фрезеровать поверхн., выдерж. разм. 1-6																				
04О	Контроль исполнителем																				
05Т	392195XXX			резец-вставка 25x25	ОСТ 2.И. 10.1-83 Т5К10																
06Т	393120XXX			шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX-	калибр-скоба ГОСТ 2216-84																
07																					
08А	XXXXXX	060	4110	Зубофрезерная	ИОТИ 37.101.7034-93																
09Б	391148XXX			SAMAT 135 NC		2	15929	411	1P	1	1	1	1	1	1	236	1	17	17	1,192	
10О	Фрезеровать поверхн., выдерж. разм. 1-11																				
11О	Контроль исполнителем																				
12Т	392195XXX			резец-вставка 25x25	ОСТ 2.И. 10.1-83 Т15К6;																
13Т	393120XXX			шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX-	калибр-скоба ГОСТ 2216-84																
14																					
15А	XXXXXX	110	4110	Сверлильная	ИОТИ 37.101.7034-93																
16Б	391148XXX			SAMAT 135 NC		2	15929	411	1P	1	1	1	1	1	1	236	1	17	17	1,707	
17О	Сверлить поверхн., выдерж. разм. 1-16																				
18О	Контроль исполнителем																				
МК																					

Дубл.																					
	Взам.																				
Подп.																				7	
																				6	
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.				
Б	Код, наименование оборудования																				
01А	XXXXXX	190	4134	Шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85																
02Б	38132XXX			5В832		2	18873	411	1Р	1	1	1	236		1	7					4,445
03О	Шлифовать зубья, выдерж. разм. 1-5																				
04О	Контроль исполнителем																				
05Т	391810XXX			шлифовальный	круг 1 400x63x125 91А F60 L 6 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007																
06Т	393120XXX			приспособление	контрольное с индикатором; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																
07																					
08А	XXXXXX	200	4131	Торцевкруглошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85																
09Б	38132XXX			3М151		2	18873	411	1Р	1	1	1	236		1	7					0,831
10О	Шлифовать пов. выдерж. разм. 1-3																				
11О	Контроль исполнителем																				
12Т	391810XXX			шлифовальный	круг 1 450x50x203 91А F60 L 6 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007																
13Т	393120XXX			шаблон	ГОСТ 9038-83; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																
14Т	393120XXX			приспособление	контрольное с индикатором																
15																					
16А	XXXXXX	210	4131	Круглошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85																
17Б	38132XXX			3М151Ф2		2	18873	411	1Р	1	1	1	236		1	7					1,950
18О	Шлифовать пов. выдерж. разм. 1-6																				
МК																					

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
																				6	7
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.				
Б	Код, наименование оборудования																				
01О	Контроль исполнителем																				
02Т	391810XXX- шлифовальный круг 1 450x30x203 91А F60 L 6 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007																				
03Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																				
04Т	393120XXX- приспособление контрольное с индикатором																				
05																					
06А	XXXXXX	240	0130	Моечная																	
07Б	375698XXX	КММ																			
08О	Промыть, обдуть сжатым воздухом																				
09																					
10А	XXXXXX	250	0200	Контрольная																	
11О	Окончательный контроль основных параметров																				
12																					
13А																					
14О																					
15																					
16																					
17																					
18																					
МК																					

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты.

Дубл.																			
Взам.																			
Площ.																			
Разраб.	Цибарт Я.В.																		
Пров.	Гуляев В.А.																		
Утв.	Логинов Н.Ю.																		
Н. Контр.	Виткалов В.Г.																		
Наименование операции		Вал шлицевой КС-4572																	
4153 Шпоночно-фрезерная	Материал	твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры										МЗ	КОИД			
Оборудование, устройство ЧПУ	Сталь 19ХГН	220 НВ	166	6,5	Ø67,6x507,6										7,82	1			
6P80	Обозначение программы	То	Тв	Тпз	СОЖ														
	XXXXXX	2,047	0,481	26	Укринол- 1														
P		PM	Ди или В	L	t	i	S	n	V										
01			мм	мм	мм	мм	мм/об	об/мин	мм/мин										
002	1. Установить и снять заготовку																		
T03	396181XXX-приспособление специальное																		
004	2. Фрезеровать пазы, выдерж. разм. 1-3																		
T05	391810XXX- фреза модульная Ø 109 P6M5K5; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																		
T06	393120XXX- приспособление контрольное с индикатором																		
P07	XX	53,83	54	7,15	1	2,8	240	82,1											
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
ОКП																			

Дубл.																													
Взам.																													
Побл.																													
Разраб.	Цибарт Я.В.																												
Пров.	Гуляев В.А.																												
Учв.	Логонов Н.Ю.																												
Н. Контр.	Виткалов В.Г.																												
	Наименование операции																												
	4260 Шпоночно-фрезерная																												
	Оборудование, устройство ЧПУ																												
	6Р80	Обозначение программы																											
			Материал	Вал шлицевой КС-4572																	Цех	Уч.	РМ	Опер					
			Сталь 19ХГН	твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры																	МЗ	КОИД				
				220 НВ	166	6,5	Ø67,6x507,6																	7,82	1				
				То	Тв	Тпз	СОЖ																						
				3,882	0,555	26	Укринол-1																						
				Л																					l	s	n	v	
				D или B																					t	i	s	n	v
				ММ																					ММ	ММ	ММ/об	об/мин	М/мин
				ММ																					ММ	ММ	ММ/об	об/мин	М/мин
Р				ПМ																					t	i	s	n	v
01																													
002	1. Установить и снять заготовку																												
Т03	3961811XXX-приспособление специальное																												
004	2. Сверлить отв., выдерж. разм. 1-6																												
Т05	391267XXX- сверло спиральное комбинированное Ø 11 Р6М5К5; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 9039-83																												
Т06	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																												
Р07				XX	11	39	5,5	1	0,25	630	21,8																		
008	3. Нарезать резьбу, выдерж. разм. 7-9																												
Т09	391258XXX- метчик машинный М12 Р6М5К5 ГОСТ 3266-81; 393120XXX- калибр резьбовой ГОСТ 9037-83																												
Р10				XX	12	30	1,0	1	1,0	200	7,5																		
011	4. Фрезеровать пазы, выдерж. разм. 10-17																												
Т12	391810XXX- Фреза шпоночная Ø 10 ГОСТ 15162-82 Р6М5К5, 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																												
ОКП																													

Р	ПИ	D или B	L	t	i	S	мм/об	об/мин	V
01									
P02	XX	10	63	6	1	0,05	800	25,1	
P03	XX	10	36	6	1	0,05	800	25,1	
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
11									
19									
ОКП									

Дубл.																				
Взам.																				
Лобл.																				
Разраб.	Цибарт Я.В.																			
Пров.	Гуляев В.А.																			
Утв.	Логинов Н.Ю.																			
Н. Контр.	Виткалов В.Г.																			
Наименование операции		ТГУ		Вал шлицевой КС-4572																
4269	Центровально-подрезная	Материал	Сталь 19ХГН	твердость	220 НВ	ЕВ	166	МД	6,5	Профиль и размеры				МЗ	7,82	КОИД	1			
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	0,361	Тв	0,351	Тпз	24	Тшт	СОЖ				Укринол-1					
MP-71M		XXXXXX		Л		Д или В		L		t	i	S	n	V						
P				MM		MM		MM		MM		MM/об		об/мин						
01	1. Установить и снять заготовку																			
002	3961811XXX-приспособление специальное																			
T03	2. Центровать и подрезать торцы, выдер. разм. 1-7																			
O04	391303XXX- сверло центровочное Ø6,3 тип в ГОСТ 14034-74; 391801XXX- пластина Т5К10																			
T05	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																			
P07		XX	40/6,3	18,4	2,3/3,15	1	0,1	582	73/11											
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
ОКП																				