

**Г.П. Кремнев, В.М. Колесник,  
Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков**

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ  
ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

*Учебное пособие*

**Г.П. Кремнев, В.М. Колесник,  
Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков**

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ  
ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

*Учебное пособие*

**Харьков  
2014**

УДК 075.8  
ББК 873  
Т 38

Рецензенты:

- В.В. Коломиец**, докт. техн. наук, профессор кафедры “Теоретическая механика и детали машин” Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко;
- В.И. Марчук**, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой “Приборостроение” Луцкого национального технического университета;
- В.В. Нежебовский**, канд. техн. наук, заместитель главного технолога ПАО “Харьковский машиностроительный завод “Свет шахтера”

*Рекомендовано к печати ученым советом  
Института промышленных технологий, дизайна и менеджмента (ИПТДМ)  
при Одесском национальном политехническом университете.  
Протокол №6 от 1 июня 2012 г.*

Т 38 Технология обработки типовых деталей: Учебное пособие / Г.П. Кремнев, В.М. Колесник, Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков. – Харьков: Изд-во «С.А.М.», 2014. – 156 с.

**ISBN 978-617-7044-48-1**

В учебном пособии рассмотрены основные принципы технологии обработки типовых деталей машин. Акцентировано внимание на отработку конструкции детали на технологичность, выбор заготовки и назначение припусков на механическую обработку, умение студентом анализировать типовые и заводские технологические процессы, устанавливать метод настройки станка и определять режимы резания и нормы времени, экономически обосновывать выбор технологического решения, разрабатывать схему сборки и технологический процесс сборки сборочной единицы, выбирать метод достижения точности сборочной единицы при сборке и нормировать технологический процесс сборки или операцию сборки.

Учебное пособие предназначено для студентов, аспирантов и преподавателей ВУЗов машиностроительных и экономических специальностей.

**УДК 075.8  
ББК 873**

ISBN 978-617-7044-48-1

© Кремнев Г.П., Колесник В.М.,  
Новиков Ф.В., Рябенков И.А., 2014

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебное пособие по курсу «Технология обработки типовых деталей» разработано в соответствии с требованиями по формированию у студентов умений и навыков практической работы будущего специалиста и в количестве часов, указанных в рабочем учебном плане (РУП) дисциплины, учебной программе курса и рабочей программе курса (РП).

Содержание работ соответствует отдельным темам курса, особенно тем темам, которые вызывают у студента некоторые сложности в усвоении и понимании материала, а также базовым темам для последующей инженерной практики.

Каждая работа имеет цель, задачи, общие положения теоретической части курса, задание на работу в нескольких вариантах, порядок выполнения работы, цифровой пример решения или исследования задач одного варианта задания, выводы, содержание отчета и список литературы. В конце работы приведены тесты для самопроверки тех знаний, которые получены студентом.

Каждая работа построена так, чтобы за два академических часа студент смог бы получить результат работы. Некоторые работы, объем которых превышает два часа, могут быть разделены на две части, при этом у каждой части есть свой промежуточный результат. Авторы стремились свести к минимуму такие работы.

Ход проведения занятий предполагает, что студент, изучив общие положения работы, может (и должен) получить результат, указанный в цели и задачах.

Оформление протоколов работ в ходе самого занятия желательно, но не всегда реализуемо, поэтому студенты этап оформления должны

выполнить самостоятельно и сдать готовый протокол руководителям на следующем занятии. Форма протокола указана в приложении данного пособия, и он может быть заполнен студентом как вручную, так и с помощью информационных технологий.

Курс «Технология обработки типовых деталей» (ТОТД) читается как заключительный курс по специальности при подготовке бакалавров, а его основные положения входят как отдельные решения в выпускную работу бакалавра.

По этой причине в ходе практических занятий по этому курсу студента необходимо научить: выполнять отработку конструкции детали на технологичность; выбирать заготовку и назначать припуски на механическую обработку; анализировать типовые и заводские технологические процессы; устанавливать метод настройки станка и определять режимы резания и нормы времени; экономически обосновывать выбор технологического решения; разрабатывать схему сборки; технологический процесс сборки сборочной единицы; выбирать метод достижения точности сборочной единицы при сборке и нормировать технологический процесс сборки или операцию сборки.

Объем практических занятий соответствует количеству часов в РУП специальности и РП курса ТОТД.

# **1. ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ**

1.1. Занятия в группе студентов могут быть проведены только при 100-процентном инструктаже всех студентов. Без такого инструктажа студент к занятиям не допускается.

1.2. Общие требования.

До начала работы студенты должны:

1.2.1. Ознакомиться с правилами по технике безопасности, пройти инструктаж и расписаться в журнале по ОТ и ТБ.

1.2.2. Ознакомиться с заданием и лабораторным оборудованием, на котором предстоит выполнять работу.

1.2.3. Категорически запрещается включать и выключать оборудование, на котором не выполняется данная лабораторная работа.

1.2.4. Нельзя прикасаться к электрооборудованию, клеммам, электропроводам, арматуре общего освещения и открывать дверцы электрошкафов.

1.2.5. Запрещается без разрешения преподавателя начинать выполнение работы.

1.2.6. Запрещается работать в лаборатории одному. Обязательное присутствие второго лица необходимо для оказания помощи работающему при несчастном случае.

1.2.7. При несчастном случае необходимо выключить оборудование, немедленно оказать первую помощь пострадавшему, известить преподавателя и отправить пострадавшего в поликлинику.

1.2.8. После окончания работы необходимо обесточить станок и привести рабочее место в порядок.

1.3. Специальные требования при работе на металлорежущем оборудовании и сборочно-разборочных стандах.

1.3.1. Привести в порядок рабочую одежду: застегнуть рукава халата, надеть головной убор во избежание захвата одежды и волос вращающимися частями станка.

1.3.2. Проверить наличие на станке ограждений, заземления и их исправность.

1.3.3. Осмотреть и проверить исправность вспомогательного и режущего инструмента. Гаечные и патронные ключи должны точно соответствовать размерам гаек и головок болтов.

1.3.4. Проверить действие и исправность блокирующих и сигнализирующих устройств станции управления станками.

1.3.5. При помощи кнопок и переключателей станка и устройств ЧПУ проверить четкость срабатывания магнитных пускателей и реле.

1.3.6. Установить заготовку и режущий инструмент.

1.3.7. Перед осуществлением сборочно-разборочных работ проверить прочность крепления сборочной единицы в приспособлении или в тисках.

1.3.8. Разрешается работать только исправным инструментом. Молоток должен быть прочно насажен на рукоятку и расклинен завершенным клином.

1.3.9. В случае заедания гайки нельзя бить молотком по ключу, а также наращивать ключ другим ключом или трубой.

Во время работы необходимо:

1.3.10. Следить за тем, чтобы все вращающиеся части станка были ограждены кожухами, экранами и другими защитными устройствами.

1.3.11. Пользоваться защитными очками.

1.3.12. Не удалять стружку руками.

1.3.13. Не проводить измерение детали на ходу станка.

1.3.14. Работать на станках только под руководством лаборанта.

После окончания работы необходимо:

1.3.15. Выключить станок или другое лабораторное оборудование, отключить подачу электроэнергии.

1.3.16. Привести в порядок рабочее место: очистить станок от стружки и смазать его, протереть приспособление и инструменты, разложить их по своим местам. Сдать рабочее место преподавателю или лаборанту.



## 2. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ ТЕХНОЛОГИЙ

### 2.1. Отработка конструкции детали на технологичность

Цель занятия – научить практическим навыкам расчета количественных показателей технологичности конструкции детали.

#### 2.1.1. Общие сведения.

Обеспечение технологичности конструкции (ТК) в единой системе технологической подготовки производства (ЕСТПП) – первая и основная функция подготовки производства, реализуемая совместно конструкторами и технологами и нацеливающая их на обеспечение высокой преемственности и технологической рациональности конструкций, в конечном счете, на улучшение технико-экономических показателей производства и качества выпускаемой продукции.

По ГОСТ 14.201-89 отработка конструкции изделия на технологичность направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия при обеспечении необходимого его качества. Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное его изготовление.

В соответствии с ГОСТ 14.201-89 и 14.204-89 ТК детали могут оцениваться качественными (хорошо – плохо) и количественными показателями (базовыми, основными и дополнительными).

К таким показателям относятся:

– показатели, характеризующие технологическую рациональность конструкции: трудоемкость изготовления  $T_u$ , технологическая себестоимость изготовления  $C_m$ , коэффициент использования материала

$K_{им}$ , коэффициент применения типовых технологических процессов  $K_{м.п.}$ , коэффициент точности обработки  $K_{м.ч.}$ , коэффициент шероховатости поверхности  $K_{ш.}$ ; коэффициент обрабатываемости  $K_v$ ;

– показатели, характеризующие преемственность конструкции: коэффициент стандартизации конструкции  $K_{ст.}$  и коэффициент унификации конструктивных элементов  $K_y$ .

При рассмотрении чертежа детали вне связи с конкретным производством, где она может изготавливаться, оценку ТК производят качественную – по обрабатываемости материала и количественную – по коэффициентам  $K_{м.ч.}$ ,  $K_y$  и  $K_{им}$ . ТК по показателям трудоемкости и себестоимости окончательно определяется только после разработки и нормирования техпроцесса, а по коэффициенту использования материала – после выбора способа получения заготовки и расчета припусков на обработку.

#### *2.1.1.1. Качественная оценка ТК по материалу.*

При выборе материала детали следует исходить из ее назначения, условий эксплуатации и производства. При назначении материала необходимо применять материалы с наилучшими технологическими свойствами по обрабатываемости, которые оцениваются коэффициентом относительной обрабатываемости  $K_v$  или отношением допускаемой скорости резания принятого материала к скорости резания материала, принятого за эталон, например, стали 45, быстрорежущим и твердосплавным инструментом:

$$K_v = \frac{V_{рез.матер}}{V_{рез.ст.45}}. \quad (2.1)$$

В табл. 2.1 приведены значения  $K_v$  для сталей. Если величина  $K_v > 1$  для принятой марки стали, то обрабатываемость хорошая, имеются

резервы повышения производительности (по скорости резания) и наоборот.

Таблица 2.1

Коэффициент относительной обрабатываемости  $K_v$  для различных марок сталей

Марки стали	Механические свойства стали		$K_v$	
	Твердость HB, кГс/мм <sup>2</sup>	Предел прочности $\sigma_B$ , кГс/мм <sup>2</sup>	P6M5 (P18)	T5K10
1	2	3	4	5
Сталь углеродистая обыкновенного качества				
Ст.О	102-105	37-38	1,75	2,10
Ст.2	137	48	1,60	1,50
Ст.3	125	44	1,65	1,70
Ст. 5	155-160	54,5-56	1,20	1,15
Ст. 6	170-207	60-73	0,95	0,95
Сталь углеродистая качественная				
08	130	46	1,65	2,10
10	135	48	1,50	2,10
15	143	50	1,60	1,50
20	126-130	44,5-46	1,65	1,70
25	156	54,5	1,25	1,30
30	135-187	48-66	1,10	1,20
35	187	66		1,05
40	140-170	49,5-59,5	1,00	1,40
45	170-179	49,5-63	1,00	1,00
50	170-230	49,5-79,5	0,70	0,85
55	170-180	59,5-63		1,05
60	180-240	63-83	0,65	0,70
20Г	140-187	49,5-66	0,95	1,00
30Г	149-197	53,0-69,5	0,80	0,85
40Г	174-207	61,5-73	0,70	0,85
50Г	197-229	53-79,5	0,55	0,75
65Г	240	83	0,55	0,60
Сталь углеродистая для отливок				
20Л	120-126	43-44,5	1,30	1,50
25Л	180-187	63-66	0,85	0,95

1	2	3	4	5
35Л	130–220	46–76	0,60	1,25
45Л	200	70	0,50	0,80
55Л	169–207	70–73		0,70
Сталь легированная				
20Х	130	47	1,30	1,70
40Х	197-207	70-73	0,75	0,85
45Х	215	73,5		1,00
50Х	217	74,5	0,65	0,80
35Г2	156-207	54,5-71		0,85
45Г2	170-230	59,5-79,5	0,55	0,80
33ХС	229-269	79,5-93	0,45	0,70
18ХГТ	150-185	53-64,5	0,90	1,00
30ХГТ	205-215	71-74,5	0,60	0,75
20ХПА	140-195	49,5-68	0,90	0,95
30ХМ	230-270	79,5-93	0,50	0,70
40Н	160-170	56-59,3	1Д0	1,10
40ХН	166-170	58-60	0,85	1,05
12ХН2	156-205	54,5-71	0,75	0,85
20ХН3А	177	60	0,45	
20Н4А	180-255	63-88		0,75
30ХГС	207-217	71-74,5	0,50	1,10
35ХГСА	215	74,5	0,45	0,70
38ХГН	185-235	64,5-81	0,90	1,00
20ХН2М	155-217	54,5-74,5	0,80	0,90
38Х2МЮА	240-280	83-96	0,55	0,75

### 2.1.1.2. Количественная оценка ТК

Коэффициент унификации конструктивных элементов  $K_y$  определяется таким выражением:

$$K_y = \frac{Q_{y.э}}{Q_э}, \quad (2.2)$$

где  $Q_{y.э}$  – число унифицированных типоразмеров и конструктивных элементов (отверстия, зубья, шлицы и т.д.);

$Q_э$  – число типоразмеров конструктивных элементов в изделии.

При  $K_y > 0,6$  деталь относится к технологичным.

Коэффициент точности обработки  $K_{m.ч}$  характеризует сложность изготовления и измерения точных поверхностей и повышение затрат труда и средств на обеспечение точности и качества поверхности:

$$K_{m.ч} = 1 - \frac{1}{IT_{cp}}, \quad (2.3)$$

где  $IT_{cp}$  – средний квалитет (номер);

$$IT_{cp} = (IT_1 + \dots + IT_{19}) / (n_1 + \dots + n_{19}) = (1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 19 \cdot n_{19}) / (n_1 + n_2 + \dots + n_{19}); \quad (2.4)$$

$n$  – количество размеров соответствующего квалитета (от 1 до 19).

Знаменатель представляет собой общее количество размеров, подвергающихся обработке. При  $K_{m.ч} > 0,85$  изделия относят к технологичным.

Коэффициент использования материала  $K_{u.м}$  определяют как отношение «сухой» массы детали  $M_0$  к «сухой» массе заготовки:

$$K_{u.м} = \frac{M_0}{M_z}. \quad (2.5)$$

Если отношение масс  $K_{u.м} > 0,71$ , выбор заготовки технологичен.

Перечень задач.

Для проведения занятия предлагается решение одной задачи, которая изображена на рис. 2.1 (пример 1). Здесь студенты могут варьировать квалитетами, шероховатостью поверхности поверхностей 1–6, 9–43, 45–50, 52 и величиной припуска  $z$ , по указанию преподавателя (табл. 2.2).

### 3. Порядок проведения занятия.

На плакатах изображены эскиз детали (рис. 2.1), табл. 2.1 и 2.2. Дается вводный материал и пояснения по показателям технологичности, объясняется связь показателей  $K_v$ ,  $K_{m.ч}$ ,  $K_y$ ,  $K_{u.м}$  с экономичностью (по элементному методу:  $C = C_1 + C_2 + \dots + C_i$ ) и трудоемкостью обработки.

Таблица 2.2

## Значение квалитетов для разных поверхностей детали

– зубчатое колесо (рис. 2.1)

№ варианта	Номера поверхностей					Припуск z, мм
	1-6	9-42	43-50	52	Остальные поверхности	
	квалитет	степень точности	квалитеты			
1	9	6	8	8	10	2
2	9	6	9	8	10	3
3	9	6	10	8	10	4
4	9	6	8	7	10	2
5	10	7	8	7	10	3
6	10	7	9	7	10	4
7	10	7	10	7	10	3
8	10	7	8	8	10	5
9	10	7	9	8	10	2
10	9	7	7	7	10	3
11	9	7	8	8	10	4
12	9	7	9	7	10	2
13	9	7	10	8	10	3
14	9	7	7	8	10	4
15	9	6	7	6	10	2
16	9	6	7	7	И	3
17	9	6		7	10	4
18	9	6	7	8	и	3
19	10	7	8	7	и	5
20	10	7	9	7	11	6
21	10	7	10	7	11	3
22	10	7	7	7	11	4
23	8	7	7	7	11	5
24	8	7	8	7	11	4
25	8	7	9	7	11	5

Примечание: С некоторым допущением номер квалитета равен степени точности

На доске дается пример решения задачи и поясняется система составления таблицы 2.3. Для определения  $K_y$ ,  $K_{m.ч}$  разрабатывается эскиз детали, на котором должны быть показаны все обрабатываемые поверхности. Их нумерация осуществляется арабскими цифрами в кружках диаметром 6 – 8 мм. Номер поверхности соединяют линией, которая является продолжением размерной линии. Цифры проставляют по часовой стрелке, начиная с правого угла (пример № 1).

Для подсчета коэффициентов составляется табл. 2.3.

Таблица 2.3

Рабочая таблица

Номера поверхностей	Идентичные поверхности	Квалитет №	Шероховатость, $Ra$ , мкм	Примечание
1		10	10	
2		10	10	
3		10	2,5	
4		10	2,5	
5		10	10	
6		10	2,5	
7	18	10	10	Фаски зубьев
8	2	14	10	
9-42	70	7*	1,25	34 зуба колеса
43	74	10	5	
44-49	8	9	0,63	6 шлицов
50	35	10	10	6 шлицов
51	28	7	0,63	
52-53		14	10	2 фаски
54-55	15	8		2 торца

\* с некоторым допущением № квалитета = № степени точности.

Для оценки коэффициента  $K_{u.m}$  студенты должны предположить, что размеры заготовки из круглого проката следует увеличивать на  $z$  или  $2z$  и найти массу такой заготовки (потери при разделке проката не учитываем),

а затем найти  $K_{и.м}$ . После оценки технологичности дается последовательность анализа, приведенная ниже.

Цифровой пример расчета  $K_{yэ}$ ,  $K_{mч}$ ,  $K_{иш}$  (задание №1).

1. Коэффициент унификации элементов:

$$K_y = \frac{Q_{y.э}}{Q_э} = \frac{45}{55} = 0,8 > 0,6.$$

2. Коэффициент точности:

$$K_{mk} = 1 - (1/IT_{cp});$$

$$IT_{cp} = (7 \cdot 35 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 6 + 10 \cdot 12) / 54 = 427 / (54) = 7,9;$$

$$K_{mч} = 1 - (1/7,8) = 0,87 > 0,85.$$

По выполненным расчетам видно, что обрабатываемые поверхности по точности вполне технологичны.

Чтобы избежать замеченных недостатков в конструкции детали, анализ технологичности целесообразно проводить в определенной последовательности:

а) на основании изучения условий работы детали в сборочной единице, типа производства проанализировать возможность ее упрощения, а также возможность и целесообразность замены материала;

б) установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки;

в) определить труднодоступные места для обработки;

г) увязать на чертежах допускаемые отклонения размеров, шероховатость и пространственные отклонения по геометрической форме и взаимному расположению поверхностей с геометрическими погрешностями станков;

д) определить базирующие поверхности;



е) проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки;

ж) предусмотреть в конструкциях деталей, подвергаемых термообработке, конструктивные элементы, уменьшающие коробление деталей в процессе нагрева и охлаждения.

В заключение анализа конструкции детали необходимо отметить: допускает ли она применение многоинструментальной обработки, ведение обработки от постоянных баз, возможность обработки нескольких деталей одновременно. После приведенного анализа ТК все предложения по изменению конструкции детали должны быть систематизированы в пояснительной записке.

Коэффициент  $K_{и.м}$  следует определять в следующем порядке: на указанные на рис. 2.1 размеры детали добавить значения  $z$  из табл. 2.2 и найти массу заготовки:

$$M_3 = \frac{\pi(D_3^2 - d_3^2)}{4} \cdot L_3 \cdot C, \quad (2.6)$$

где  $D_3 = D_0 + 2z$  – наружный диаметр заготовки, мм;

$d_3 = d_0 - 2z$  – внутренний диаметр заготовки, мм;

$L_3 = L_0 - 2z$  – толщина заготовки, мм;

$C$  – плотность, кг/м<sup>3</sup> (для стали  $C = 7,8$ , кг/м<sup>3</sup>).

Из чертежа детали в штампе найти значение  $M_0$  и определить  $K_{и.м}$ . Сравнить полученный результат  $K_{и.м}$  с допустимым и сделать вывод о целесообразности выбора порезки из проката в качестве заготовки.

Для примера 1:  $Z = 2$  мм:

$$M_3 = \frac{3,14[(74 + 2 \cdot 2)^2 - (28 - 2 \cdot 2)^2]}{4} \cdot (36 + 2 \cdot 2) \cdot 7,8 = 1,35 \text{ кг}; \quad K_{и.м} = \frac{0,63}{1,35} = 0,47.$$

Решение о выборе заготовки из проката – нетехнологичное.

После рассмотрения изложенного выше все студенты производят расчеты параметров  $K_v$ ,  $K_y$ ,  $K_{m.ч}$ , по заданию, которое приведено в табл. 2.2, а также оформляют протокол.

### 3. Содержание отчета.

Наименование работы.

Чертеж детали с нумерацией поверхностей и табл. 2.2 и 2.3.

Коэффициенты  $K_v$ ,  $K_{m.ч}$ ,  $K_y$ ,  $K_{и.м}$ .

Выводы.

### 4. Литература.

### 5. Вопросы для самоконтроля.

#### 5.1. К показателям технологичности детали относятся:

- коэффициент трения;
- коэффициент полезного действия;
- коэффициент точности;
- коэффициент линейного расширения;
- коэффициент отражения.

#### 5.2. Величина коэффициента унификации должна быть больше

- 0,5
- 0,6
- 0,7
- 0,8
- 1,0.

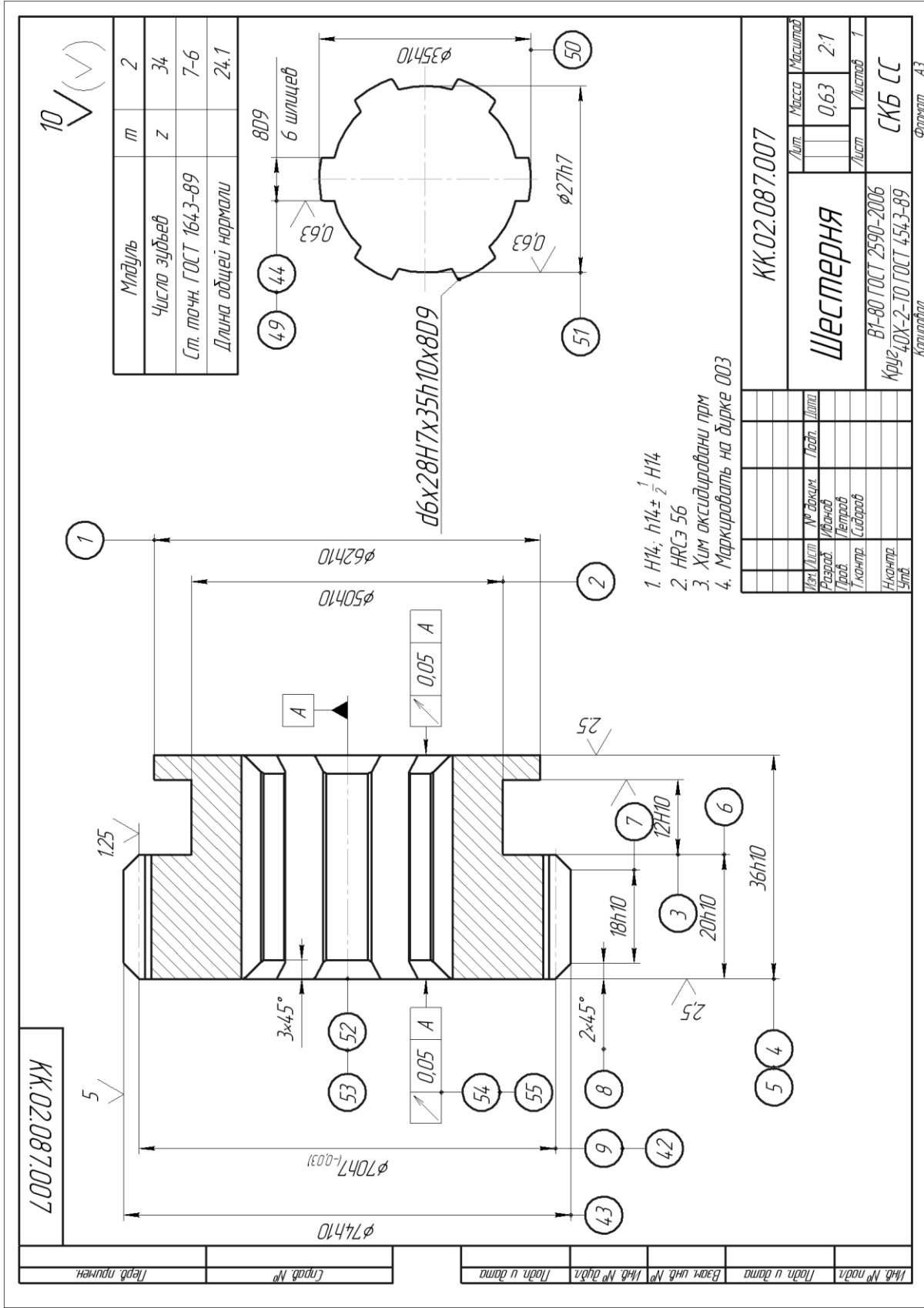


Рис. 2.1. Чертеж детали

## 2.2. Расчет припусков и промежуточных размеров (табличный метод)

Цель занятия – научить студента определять величину суммарного и промежуточных припусков табличным методом, рассчитывать межоперационные размеры и допуски и устанавливать шероховатость поверхности для рассматриваемой детали по установленному плану технологического процесса.

### 1. Общие сведения.

Припуск  $Z$  является важнейшей технико-экономической характеристикой технологического процесса (ТП), от его величины зависит расход материала, время обработки, расход инструментов, электроэнергии, амортизация станка и др.

Принято считать, что припуск на каждый технологический переход должен быть минимальным, но достаточным для осуществления обработки.

В практике технологов-машиностроителей используют два метода расчета припусков; табличный и расчетно-аналитический. В данной работе рассмотрим табличный метод.

Исходными данными для ведения работы служат:

- чертеж детали;
- выдержки из маршрутного или маршрутно-операционного ТП обработки детали или ее поверхности (последовательность операций или ее переходов, схема базирования заготовки, тип приспособлений и оборудования);
- чертеж исходной заготовки (допускается ее эскиз);
- тип производства.

### 1.1. Анализ исходных данных.

При анализе чертежа детали выясняют: наименование детали; конструкцию, материал, массу, технологические свойства материала; тип производства; размеры, форму, точность и качество поверхностей, на которые определяют припуски. При анализе чертежа заготовки устанавливают ее вид, способ изготовления, массу, размеры и допуски поверхности, и их шероховатость. Здесь же можно найти общие припуски на обработку  $Z_{\Sigma}$ :  $Z_{\Sigma} = d_{\text{заг.ном.}} - d_{\text{дет.ном.}}$  (это может быть  $L$ ;  $H$  или другой размер), где:  $d_{\text{заг.ном.}}$  – номинальный размер заготовки, мм;  $d_{\text{дет.ном.}}$  – номинальный размер детали, мм.

Содержание операций или переходов должно иметь сведения о приспособлениях или способе базирования и оборудовании, а также данные о точности и шероховатости поверхности на каждом из этапов. Эти данные заносят в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Сведения о техпроцессе

№ операции или перехода	Последовательность обработки поверхности	Квалитет или поле допуска	Величина допуска, мкм	Шероховатость, мкм
1	2	3	4	5

### 1.2. Выбор величин промежуточных припусков.

Выбор осуществляют по таблицам из технологических справочников или ведомственных РТМ. Для обработки наружных цилиндрических поверхностей эти таблицы приведены в работе ([8] табл. № 7, 8, 9).

Во многих источниках отсутствуют сведения о величине припуска на первую операцию или переход  $Z_{10}(Z_1)$ . Эту величину можно получить:

$$Z_{10}(Z_1) = Z_{\Sigma} - (Z_{20(2)} + Z_{30(3)} \dots),$$

где  $Z_{20}$ ;  $Z_{30}$  и т.д. – припуски на последующие за первой операцией или переходом, мм.

Полученные значения припусков заносят в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Значения промежуточных припусков

№ поверхности	Общий припуск $Z_{\Sigma}$ , мм	Промежуточный припуск				
		Обозначение	$Z_{10}(Z_1)$	$Z_{20}(Z_2)$	$Z_{30}(Z_3)$	$Z_{40}(Z_4)$
		Величина, мм				

### 1.3. Расчет промежуточных номинальных размеров.

Исходной величиной для расчета промежуточных (межоперационных) размеров при обработке заданной поверхности есть размер этой поверхности по рабочему чертежу с указанием поля допуска и шероховатости поверхности. За исходный расчетный размер принимают при обработке наружных поверхностей вращения – наибольший предельный размер (номинальный), а при обработке отверстий – наименьший (номинальный). Остальные промежуточные размеры получают путем последовательного прибавления к исходному размеру промежуточных припусков в порядке, обратном ходу технологического процесса обработки этой поверхности.

Если предложить, что наружная цилиндрическая поверхность будет обработана в 4 операции (перехода), то:

$$d_4 = d_{изделия}; \quad d_3 = d_4 + z_4; \quad d_2 = d_3 + z_3; \quad d_1 = d_2 + z_2 \quad \text{и} \quad d_{заг} = d_1 + z_1,$$

где  $d_1$ ;  $d_2$ ;  $d_3$  – промежуточные размеры в мм;

$z_1$ ;  $z_2$ ;  $z_3$ ;  $z_4$  – припуски в мм.

Для внутренних поверхностей при тех же 4-х операциях (переходах):  $d_4 = d_{изд}$ ;  $d_3 = d_4 - z_4$ ;  $d_2 = d_3 - z_3$ ;  $d_1 = d_2 - z_2$ ;  $d_{заг} = d_1 - z_1$ .

К каждому промежуточному размеру дописывают поле допуска (квалитет) и его отклонение, а также параметр шероховатости поверхности, приведенные в табл. 2.4, и заполняют табл. 2.6.

Таблица 2.6

Промежуточные размеры и допуски

Номер операции (перехода)	Наименование размера и припуск	Обозначение размера и припуска	Промежуточный размер, мм	Шероховатость, мкм Ra
1	2	3	4	5

2. Порядок выполнения работы.

Перед началом занятия каждый студент получает у преподавателя чертеж детали – вала, с которым будет работать по назначению припусков. Ход выполнения работы мы покажем на примере задания №1 (рис.2.2).

Зададимся реальным объектом – деталью (рис 2.2). Тип производства – серийное. Вал редуктора изготовлен из стали 40Х по ГОСТ 4543-89, твердостью HRC<sub>9</sub> 30–35, массой 15,9 кг. Этот вал имеет соотношение,  $\frac{L}{d} < 10$ , например, для шейки 64 мм это отношение будет,  $\frac{415}{64} \cong 6,5$ , т.е. это жесткий вал. Он состоит из ряда точных поверхностей по 6, 8 и 9 квалитету и свободных по Н<sub>14</sub>. Ступени ниспадают в обе стороны вала, доступ к ним, пазу и канавкам свободный, габариты вала:  $L_{общ} = 415$  мм;  $d_{max} = 95$  мм.

В качестве примера расчета припусков возьмем одну поверхность  $\varnothing 80m6$  с  $Ra = 0,63$  мкм длиной 132 мм. В соответствии с рекомендациями эта цилиндрическая поверхность обрабатывается в 4 этапа – операции и сведения об этом приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

## Сведения о техпроцессе

№ операции	Последовательность обработки поверхности	Квалитет и поле допуска	Отклонение, мм	Величина допуска, мкм	Шероховатость $R_a$ , мкм
10	Токарная предварительная	12(h12)	-0,35	35	20
20	Токарная чистовая	9(h9)	-0,087	87	5
30	Шлифовальная черновая	7(h7)	-0,035	35	1,25
40	Шлифовальная чистовая	6(m6)	+0,03 +0,011	8	0,63

Способ базирования при точении и шлифовании – в центрах.

Заготовка вала – штамповка на молотах массой 18,95 кг. Размеры основных шеек:  $\varnothing 86,6^{+1,3}_{-0,7}$ ;  $\varnothing 101^{+1,3}_{-0,7}$ ;  $\varnothing 86,6^{+1,3}_{-0,7}$  мм, шероховатость поверхности  $R_a=60$  мкм. Коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{Mg}{Mз} = \frac{15,9}{18,95} \cong 0,84, \text{ что вполне допустимо.}$$

Общий припуск на шейку  $\varnothing 80m6$  определяем так:

$$z_{\Sigma} = d_{загном} - d_{детном} = 86,6 - 80 = 6,6 \text{ мм.}$$

По табл. 2.8 определим припуск под чистовое точение до термообработки: диапазон  $\varnothing 80-120-z_{20} = 1,5$  мм; а по табл. 2.2.5 на шлифование после термообработки:  $t_{30}=0,3$  мм, а  $z_{40}=0,2$  мм и заполняем табл. 2.8, при этом  $z_{10} = z_{\Sigma} - (z_{20} + z_{30} + z_{40}) = 6,6 - (1,5 + 0,3 + 0,2) = 4,6$  мм.

Таблица 2.8

## Значение промежуточных припусков

№ поверхности	Общий припуск $z_{\Sigma}$ , мм	Промежуточный припуск				Общий припуск, мм
		$Z_{10}$ , мм	$Z_{20}$ , мм	$Z_{30}$ , мм	$Z_{40}$ , мм	
$\varnothing 80 m6$	6,6	4,6	1,5	0,3	0,2	6,6



После установления промежуточных припусков определим межоперационные размеры и составим табл. 2.9.

Таблица 2.9

Промежуточные размеры и допуски

№ операции	Наименование размера и припусков	Обозначение размера и припуска	Промежуточный размер, мм	Шероховатость $R_a$ , мкм
1	2	3	4	5
40	Диаметр шейки готовой детали	$d_{черт} = d_{дет}$ $d_{исх}$	$80m6 \begin{pmatrix} +0,03 \\ +0,011 \end{pmatrix}$ 80,03	0,63 -
	Исходный расчетный размер Припуск под чистовое шлифование	$Z_{40}$	+0,2	-
30	Диаметр шейки после чернового шлифования Припуск на черновое шлифование	$D_{расч}$ $Z_{30}$	80,23h7(-0,035) +0,3	1,25 -
20	Диаметр шейки после чистового точения Припуск на чистовое точение	$d_{расч}$ $Z_{20}$	80,53 h9(-0,087) +1,5	5 -
10	Диаметр шейки после предварительного точения Припуск на предварительное точение	$d_{расч}$ $Z_{10}$	82,03h12 (-0,35) +4,6	20 -
0	Диаметр заготовки – штамповки	$d_{расч}$	$86,63 \begin{matrix} +1,3 \\ * \\ -0,7 \end{matrix}$	60
*	Откорректируем размер так, чтобы знаки в цифрах допусков и припусков совпадали	$d_{расч}$	$86,6 \begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix}$	60

### 3. Содержание отчета.

Наименование работы.

Эскиз детали, анализ ее параметров и исходных условий.

Табл. 2.4, 2.5, 2.6 с цифровыми значениями припусков и размеров.

Выводы и предложения.

5. Литература [2; 8].

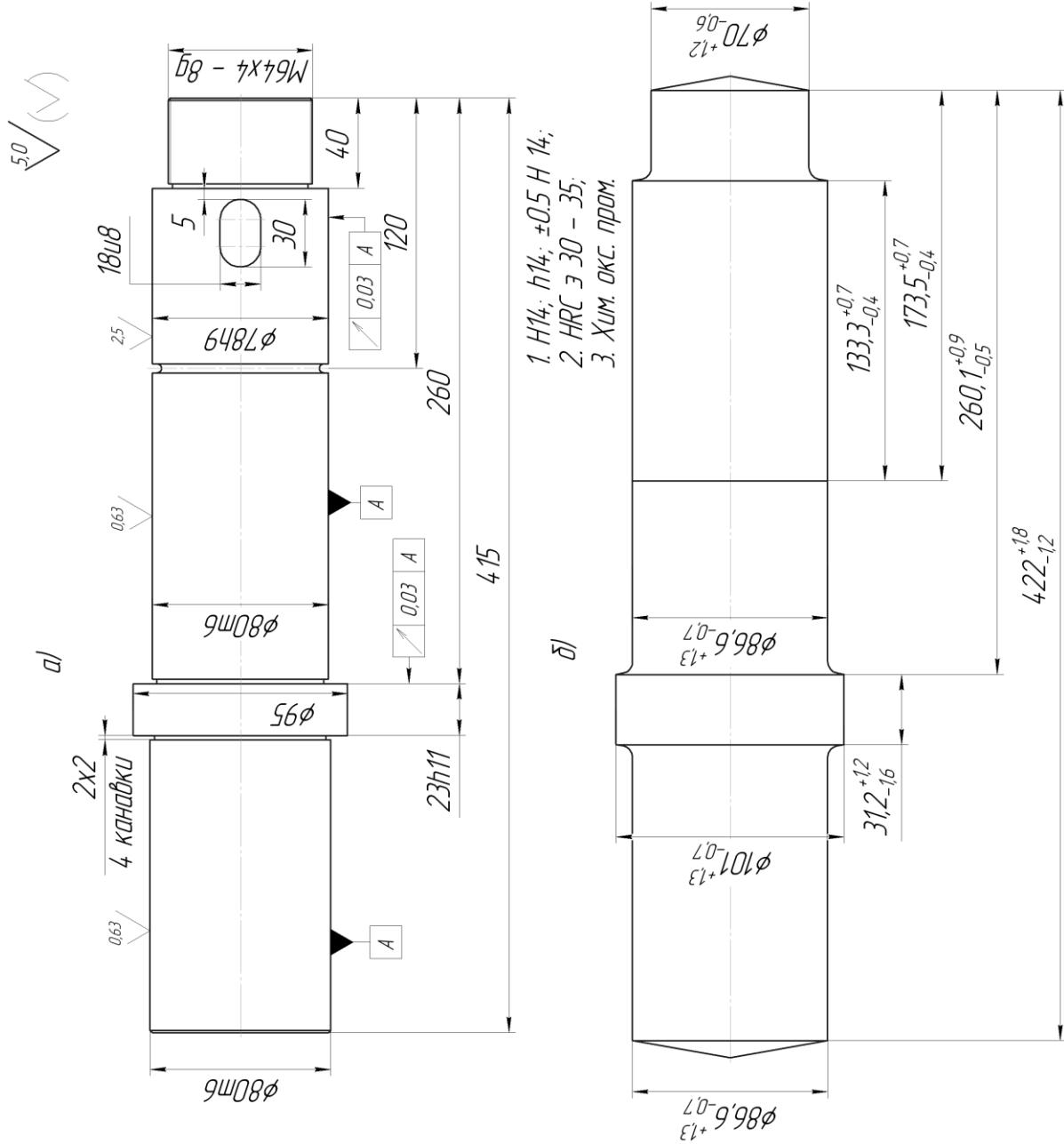


Таблица 2.10

## Наружное обтачивание деталей

Диаметр, мм	Припуск $z$ на диаметр, мм						Все длины	
	Черновое обтачивание		Чистовое обтачивание				Допуск на диаметр, мм	
	термически необработанных и обработанных		Термически не обработанных		Термически обработанных		Грубое обтачи- вание (14кв точн)	Черно- вое обтачи- вание (12кв точн)
	Длины, мм							
	до 200	св.200 до 400	до 200	св.200 до 400	до 200	св.200 до 400		
От 3 до 6	-	-	0,5	-	0,8	-	-0,30	-0,16
Св. 6» 10	1,5	1,7	1,0	1,0	1,0	1,3	-0,36	-0,20
« 10 » 18	1,5	1,7	1,0	1,3	1,3	1,5	-0,43	-0,24
« 18 » 30	2,0	2,2	1,3	1,3	1,3	1,5	-0,52	-0,28
« 30 » 50	2,0	2,2	1,4	1,5	1,5	1,9	-0,62	-0,34
« 50 » 80	2,3	2,5	1,5	1,8	1,8	2,0	-0,74	-0,40
« 80 » 120	2,5	2,8	1,5	1,8	1,8	2,0	-0,87	-0,46
«120»180	2,5	2,8	1,8	2,0	2,0	2,3	-1,00	-0,53
«180»260	2,8	3,0	2,0	2,3	2,3	2,5	-1,15	-0,60
«260»360	3,0	3,3	2,0	2,3	2,3	2,5	-1,35	-0,68

Примечание. При обтачивании деталей с уступами припуск назначается в зависимости от общей длины детали и наибольшего диаметра.

Таблица 2.11

## Наружное шлифование деталей после чистового обтачивания.

Диаметр, мм	Припуск $z$ на диаметр, мм					Допуск на диаметр	
	1-й Вариант	2-й Вариант		3-й Вариант		Чистовое обтачивание под оконч. шлифование 1-го варианта и черновое шлифование 3-го варианта (10 кв. точн.)	Черновое шлифование 2-го варианта (8 кв. точн.)
	Окончательное термически необработанных и обработанных	После термообработки		Черновое до термообработки	Чистовое после термообработки		
		Черновое	Чистовое				
От 3 до 6	0,2	0,15	0,05	-	-	-0,08	-0,025
Св. 6» 10	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	-0,10	-0,030
« 10 » 18	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	-0,12	-0,035
« 18 » 30	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4	-0,14	-0,045
« 30 » 50	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4	-0,17	-0,05
« 50 » 80	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	-0,20	-0,06
« 80 » 120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	-0,23	-0,07
« 120 » 180	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8	-0,26	-0,08
« 180 » 260	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8	-0,30	-0,09
« 260 » 360	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8	-0,34	-0,10

Таблица 2.12

## Шлифование валов на бесцентровых станках

Диаметр, мм	Припуск $z$ на диаметр, мм									Допуск на диаметр, мм	
	1-й вариант				2-й вариант	3-й вариант		4-й вариант		Чистовое обтачивание под оконч. шлифование и черновое 4-го варианта (10 кв. точн.)	Черновое шлифование 3-го варианта (8 кв. точн.)
	Окончательное пруткового материала без обтачивания				Окончательное термически обработанных и не обработанных	После термообработки		Черновое до термообработки	Чистовое после термообработки		
	Термически необработанных		Термически обработанных								
	холодно тянутые	горячек атаные	холодно тянутые	горячек атаные							
От 3 до 6	0,3	0,5	0,3	0,5	0,2	0,15	0,05	0,1	0,2	-0,08	-0,025
Св. 6» 10	0,3	0,6	0,3	0,7	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	-0,10	-0,030
« 10 » 18	0,5	0,8	0,6	1,0	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	-0,12	-0,035
« 18 » 30	0,6	1,0	0,8	1,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4	-0,14	-0,045
« 30 » 50	0,7	-	1,3	-	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4	-0,17	-0,050
« 50 » 80	-	-	-	-	0,4	0,3	0,1	0,3	0,5	-0,20	-0,060

## 5. Вопросы для самоконтроля.

### 5.1. Припуск должен быть:

- максимальным;
- минимальным;
- оригинальным;
- стандартным;
- свободным.

5.2. Какие из перечисленных параметров учитываются при расчете припусков:

- $t$ , мм;
- $R_z$ , мкм;
- $S$ , мм/об;
- $L$ , мм;
- $Td$ , мкм.

## 2.3. Настройка фрезерного станка на размер (статическая настройка)

Цель работы – ознакомить и научить студента готовить технологическую систему к работе и осуществлять статическую настройку станка.

### 1. Общие сведения.

Технологической системой в общем случае называют совокупность станка, приспособлений, инструментов и деталей (объектов производства), находящихся друг с другом в определенных связях и выполняющих технологическую операцию.

Настройкой (наладкой) станка называют процесс установки и закрепления на станке режущих и вспомогательных инструментов,

приспособлений и узлов станка (упоров, кулачков, управляющих программ для ЧПУ, дисков и др.), определяющих взаимное расположение обрабатываемой детали и инструментов, а также установку режимов работы станка.

В условиях серийного и массового производства требуемая точность достигается методом автоматического получения размеров на настроенных станках и поэтому задачами настройки являются:

1) Установление приспособлений и режущих инструментов в положения, обеспечивающие наивыгоднейшие условия резания.

2) Установление режимов работы станка.

3) Обеспечение точности обработки путем обеспечения точности взаимного расположения режущих инструментов, приспособления, кулачков, калибров и других устройств, определяющих величину и траекторию перемещения инструментов относительно обрабатываемого изделия.

В настоящее время применяют три метода установки режущих инструментов (часть настройки):

- статическая настройка;
- настройка по рабочему калибру;
- динамическая настройка по пробным деталям с помощью универсального измерительного инструмента.

В данной работе рассмотрим статическую настройку, т.е. установление режущих инструментов по различным калибрам и эталонам на неработающем станке.

При установлении инструмента на настроенный размер для сокращения времени настройки установление инструмента производится по детали – эталону или специальному калибру, который устанавливают на

станок вместо обрабатываемой детали. Инструмент доводят до соприкосновения с поверхностью эталона (калибра) и закрепляют. Одновременно устанавливают соответствующие фиксаторы и упоры.

Простота действий при реализации этого метода привлекательна, но из-за деформации системы под действием сил резания и других факторов размер обработанного изделия оказывается больше (для охватываемых поверхностей) или меньше требуемого (для охватывающих). Для компенсации изменений фактических размеров детали по сравнению с настроечными, размеры эталонов (калибров),  $L_H^{расч}$  изготавливают с некоторой поправкой  $\Delta_\Sigma$ , (в свою очередь  $\Delta_\Sigma = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$ ):

$$L_H^{расч} = L_H^{\delta em} \pm \Delta_\Sigma = L_H^{\delta em} \pm (\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3), \quad (2.7)$$

где  $L_H^{\delta em}$  (это может быть  $A$ ,  $B$ ,  $H$  и др.) – размер детали, мм.

Если настройка станка ведется на середину поля допуска:

$$L_H^{\delta em} = \frac{L_{наим}^{\delta em} + L_{наиб}^{\delta em}}{2}, \quad (2.8)$$

–  $\Delta_1$  – часть поправки, учитывающая действие сил резания. Обычно

$$\Delta_1 = \frac{P_y}{F} \cdot \frac{\vec{H}}{мм} / \frac{H}{мм}, \quad (2.9)$$

где  $P_y$  – составляющая силы резания, Н.

$F$  – жесткость станка, Н/мм.

При двухсторонней обработке  $\Delta_1$  удваивается.

–  $\Delta_2 = R_z$ , мм, где  $R_z$  – шероховатость поверхности эталона по вершинам которого контактирует инструмент;  $\Delta_2$  тоже удваивается, при двухсторонней обработке.

–  $\Delta_3 = 0,5 \cdot \Delta$  шпинделя, мм – половина зазора в переднем подшипнике шпинделя (для односторонней обработки) и  $\Delta_3$ ;

–  $\Delta$  шпинделя (для двухсторонней обработки). Например, для токарных станков обычной точности для двухсторонней обработки,  $\Delta_{ин} = 0,04$  мм, а для станков повышенной точности – 0,02 мм.

Практика показывает, что ошибка определения поправки  $\Delta_{с.н.}$  доходит до 50 %. Величину погрешности настройки можно определить:

$$\Delta_{с.н.} = 1,2\sqrt{\Delta_{CH1}^2 + \Delta_{CH2}^2 + \Delta_{CH3}^2} \quad (2.10)$$

где  $\Delta_{CH}$  – погрешность статической настройки, мм;

$\Delta_{CH1}$  – погрешность определения поправки наладки, мм. Примем, что  $\Delta_{CH1} = 0,5 \cdot \Delta_{с.н.}$

$\Delta_{CH2}$  – погрешность установки инструмента по эталону или простому щупу, мм (обычно  $\Delta_{CH2} = 0,02 - 0,04$  мм, а при особой тщательности установки  $\Delta_{CH2} = 0,01$  мм);

$\Delta_{CH3}$  – погрешность изготовления и сборки эталона (установки), мм (обычно  $\Delta_{CH3} = 0,01$  мм).

Размер установки  $A_{с.н.}$  (рис. 2.3) определяется из выражения;

если размер уменьшается при обработке:

$$A_{CH} = A_{\min} + \left( \Delta_{\Sigma} + \frac{\Delta_{CH}}{2} \right), \quad (2.11)$$

если размер увеличивается:

$$A_{CH} = A_{\max} + \left( \Delta_{\Sigma} + \frac{\Delta_{CH}}{2} \right). \quad (2.12)$$

При обработке партии деталей на станке всегда будет иметь место износ инструмента, в нашем случае – фрезы  $\Delta_{н.фр}$ , и, если есть опасения, что он существенно повлияет на размер деталей, следует его учесть при настройке:

$$A_{н.фр} = IT(A) - \left( \Delta_{\Sigma} + \frac{\Delta_{CH}}{2} \right), \quad (2.13)$$

где  $A$  ( $B$ ;  $H$  и др.) – размер по чертежу, мм.



Обычно сравнивают  $\Delta_{н.фр}$  с допустимым износом  $\Delta_{н.фр.дон}$ , и если отношение  $\Delta_{н.фр.дон}/\Delta_{н.фр} = 0,5$  и более, то после износа инструмента (в нашем случае фрезы по задней поверхности  $h_3$ ) его следует отдать на переточку и вновь настроить станок, или же, чтобы получить размеры ближе к номиналу размера  $A$ , следует увеличить  $\Delta_{С.Н.}$  на величину  $\frac{\Delta_u}{2}$  фр.

## 2. Порядок выполнения работы.

Для выполнения работы зададимся конкретным объектом и операцией по обработке одной из поверхностей. Объект – планка 140x40x300 мм, из стали 45 ( $\delta_e \geq 600$  МПа) массой 13,1 кг. Обрабатывается заготовка – штамповка с размерами 143x45x305 мм в размер  $140 \pm 0,2$  мм  $R_a^{10}$ , массой 15,3 кг на горизонтально фрезерном станке 6Р80 (жесткость 7800).

Содержание операций и структура переходов такова:

А. Установить деталь в приспособление, закрепить (снять).

1. Фрезеровать поверхность  $143 \pm 0,6$  в размер  $140 \pm 0,2$  ( $R_z = 20$  мкм).

Режим:  $V_{фр} = 62,3$  м/мин;  $t = 3$  мм,  $S_z = 0,08$  мм/зуб,  $P_y = 780$  Н. Фреза из Р6М5, цилиндрическая, насадная, диаметром 63 мм с  $z = 14$  зубьев; меритель – штангенциркуль ШЦ1 (ц.д. 0,1мм, 0–150 мм), щуп 3 мм; образец шероховатости  $R_a = 5$  мкм для плоскости после фрезерования; вспомогательный инструмент – оправка для фрезы специальная. Схема операции приведена на рис. 2.3, а варианты заданий – в табл. 2.13.

2.1. Каждый студент получает задание (табл. 2.12).

2.2. Для конкретного режима определяем  $P_{zф} = C_{Pz} \cdot t^x \cdot S^y \cdot Z \cdot B^z \cdot D^q$ ;  $K_1$ ;  $K_2$ , где показатели для нашего варианта отработки фрезой Р6М5 ( $\gamma = 15^\circ$ ) стали 45 будут:

$$C = 86; \quad x = 0,86; \quad y = 0,74; \quad z = 1; \quad q = -0,86; \quad K_1 = 0,9; \quad K_z = 1,0.$$

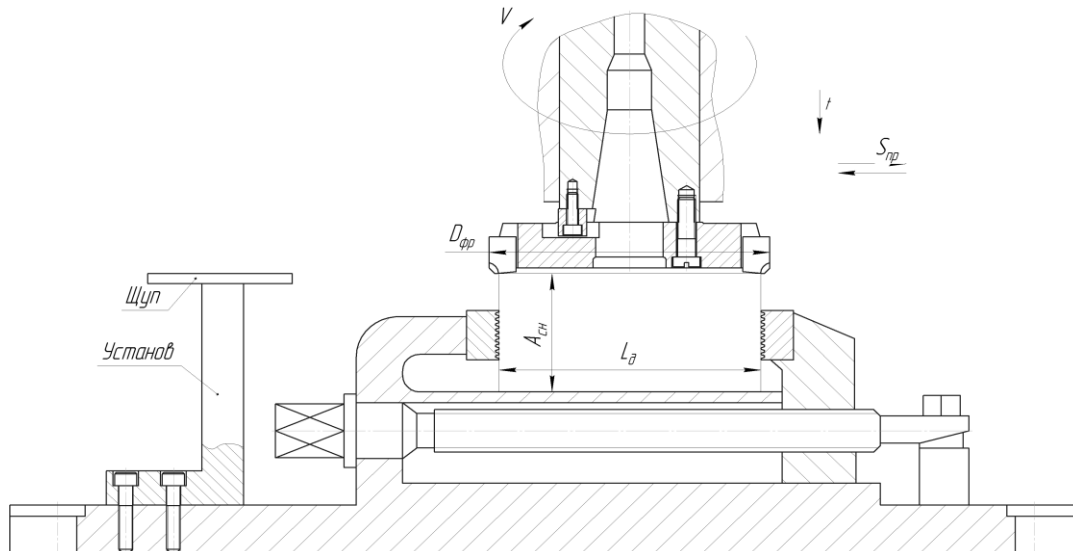


Рис. 2.3. Схема обработки

Таблица 2.13

Варианты заданий

№ задания	Планка $L \times B \times h$ , мм	Режимы резания				
		$t$ , мм	$Z$ фрезы	$S_z$ , мм/зуб	$V_{фр}$ , м/мин	$S_{лин}$ , м/мин
1	140x40x300	2,5	5	0,10	251,2	0,5
2	140x40x300	2,5	3	0,2	200	1
3	140x40x300	2,5	3	0,3	200	1,5
4	140x40x300	2,5	5	0,2	250	1,0
5	140x40x300	3	14	0,08	62,3	0,315

Из соотношения  $P_y = (0,3 - 0,4) \cdot P_z$  находим значение  $P_y$ .

2.3. Определяются величины  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3$  и  $\Delta_{с.н.}$ .

2.4. Определяется  $\Delta_{сн1}$ ,  $\Delta_{сн2}$ ,  $\Delta_{сн3}$  и  $\Delta_\Sigma$ .

2.5. Находится размер  $A_{сн}$  в нашем примере:

$$A_{сн} = A^{\max} - \left( \Delta_\Sigma + \frac{\Delta_{с.н.}}{2} \right). \quad (2.14)$$

2.6. Находится величина  $\Delta_{и.фр}$  и поправка на износ  $\frac{\Delta_{и.фр}}{2}$ .

2.7. Пример цифрового расчета задания №5. Условия задания:  $A = 140 \pm 0,2$ ;  $R_a = 10$  мкм; сталь 45 ( $\sigma_e = 600$  МПа); фреза диаметром 63 мм;  $z=14$ ;  $t=3$  мм;  $S_z=0,08$  мм/зуб;  $V_{fp}=62,3$  мм/мин;  $S_{min}=0,315$  м/мин;  $P_y=780$  Н.

2.7.1. Находим значения  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3$  и  $\Delta_\Sigma$ :

$$\Delta_1 = \frac{780}{78000} = 0,01 \text{ мм}; \quad \Delta_2 = 0,02 - 0,04; \text{ принимаем } \Delta_2 = 0,03 \text{ мм};$$

$$\Delta_3 = 0,5 \cdot \Delta_{заз} \text{ (для фрезерного станка } \Delta_{заз} = 0,03 \text{ мм и } \Delta_3 = 0,015 \text{ мм)};$$

$$\Delta_\Sigma = 0,01 + 0,03 + 0,015 = 0,055 \text{ мм.}$$

2.7.2. Определяем  $\Delta_{с.н.}$ ,  $\Delta_{сн2}$ ,  $\Delta_{сн3}$ ,  $\Delta_{сн}$ :

$$\Delta_{сн1} = \frac{0,55}{2} = 0,027 \text{ мм}; \quad \Delta_{сн2} = 0,01 \text{ мм}; \quad \Delta_{сн3} = 0,01 \text{ мм};$$

$$\Delta_{сн} = 1,2 \sqrt{0,027^2 + 0,01^2 + 0,01^2} = 0,037 \text{ мм.}$$

2.7.3. Находим размер  $A_{с.н.}$ :

$$A_{с.н.} = (140 + 0,2) - (0,055 + \frac{0,037}{2}) = 140,13 \text{ мм.}$$

2.7.4. Находим  $\Delta_{у.фр.}$ :

$$\Delta_{у.фр.} = 0,4 - (0,055 + \frac{0,037}{2}) = 0,316 \text{ мм.}$$

Если  $\Delta_{у.фр. доп} = 0,16$  мм, то  $\Delta_{н.фр. доп} / \Delta_{у.фр.} = 0,16 / 0,316 = 0,5$  мм.

Принимаем решение: после износа фрезы отдать на переточку, а настройку повторить заново.

2.8. Установка приспособления на стол станка производится:

- средний паз стола и шпонки на нижней части приспособления соединяются друг с другом, при этом перед установкой паз и нижняя плоскость приспособления тщательно очищаются от стружки;

- в Т-образные пазы вводят 2 или 4 болта и заводят их в проушины приспособления, одевают шайбы, гайки и контргайки и тщательно закрепляют.

## 2.8. Установка фрезы.

Фреза устанавливается на специальную цилиндрическую оправку и с помощью проставочных колец и гаек закрепляется на ней. Оправка с фрезой устанавливается в конус шпинделя и опору хобота и фиксируется.

## 2.9. Установка фрезы на размер $A_{с.н}$ .

В приспособлении (рис. 2.3) имеется высотный установ (ГОСТ 13443-89), на который укладывают щуп  $b = 3$  мм (ГОСТ 8925-89) и к которому с помощью ручного перемещения подводят фрезу так, чтобы она коснулась щупа, лежащего на установе, и слегка его защемила (его можно вынуть с некоторым усилием). Достигнутое положение фрезы фиксируют стопорами вертикального перемещения, щуп убирают.

## 2.10. Установка фрезы по ширине детали.

Используя ручное поперечное перемещение стола, располагают фрезу симметрично эталона (установа) и фиксируют это положение стопорами поперечного хода стола.

## 2.11. Установка фрезы по длине детали.

Ось фрезы должна быть за пределами заготовки до начала обработки и выходить за пределы детали после обработки (длина врезания –  $l_1$ , перебега –  $l_2$ ) так, чтобы гарантированно деталь была обработана;  $l_1$  и  $l_2$  для данной фрезы в сумме 22 мм, т.е.:

$$L_{0(пус.1)} = L_{дет} + 22 = 300 + 22 = 322 \text{ мм.}$$

Рукояткой продольного перемещения стола устанавливают фрезу в начальное и конечное положения, которые фиксируют стопорами продольного движения стола.

## 2.12. Настройка режима.

На станке устанавливают частоту вращения фрезы и минутную подачу стола  $S_{min}$ . На частоту вращения фрезы  $n$  значения устанавливают с

помощью маховика коробки скоростей станка, а на подачу  $S_{min}$  – маховиком коробки подач.

2.13. Включение станка производится кнопкой «пуск» и выполняется обработка пробной детали, измеряется ее размер и принимается решение о корректировке настройки станка или продолжении работы над партией деталей.

### 3. Оформление отчета.

В отчете студент приводит схему наладки станка на заданную деталь, условия выполнения операции, результаты расчетов  $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3; \Delta_{CH}; \Delta_{u.фр}$ .

### 4. Литература.

### 5. Вопросы для самоконтроля.

#### 5.1. Наладка станка – это

- установка режимов;
- установка положений инструментов;
- установка упоров;
- установка кулачков;
- установка программ.

#### 5.2. Какие факторы влияют на величину поправки:

- сила резания  $P_y$ ;
- жесткость станка;
- шероховатость поверхности эталона;
- зазор в цилиндре;
- податливость станка.

5.3. Какая из приведенных настроек осуществляется на неработающем оборудовании:

- динамическая;

- по пробным деталям;
- статическая;
- статистическая;
- организационная.

## 2.4. Определение режимов резания при механической обработке

Цель – ознакомить студентов со структурой набора «режимы резания» при фрезеровании и точении и научить их устанавливать рациональные значения.

### 1. Общие сведения.

Для определения режимов резания при обработке со снятием стружки существует два метода: аналитический и табличный (по справочникам). В данной работе рассмотрен аналитический метод, как наиболее объективный и точный.

В понятие набора «режимы резания со снятием стружки» обычно входят:

- $t$  – глубина резания, мм;
- $S$  – подача на оборот (мм/об), минутная (мм/мин), на зуб (мм/зуб);
- $V$  – скорость резания, м/с (м/мин);
- $V_g$  – скорость перемещения детали, м/мин;
- $n$  – частота вращения, об/мин;
- $T_m$  – период стойкости инструмента, мин;
- $P_z$  – сила резания, Н;
- $N$  – мощность резания, кВт;
- $\eta_o$  – коэффициент использования;
- $T_o$  – основное (машинное) время, мин.

При известных условиях процесса резания (материал детали, твердость ее, объем выпуска или серийность производства, заготовка, метод обработки, тип станка и приспособления) порядок расчета режима резания таков:

1) При известных физико-механических свойствах материала детали, методе получения и геометрических параметрах заготовки, выбранном методе работы, устанавливают характеристику инструмента: материал режущей части, геометрию, размеры полученных сечений режущей части и державки, способ затачивания лезвий и характер работы – плавный или с ударами.

2) Устанавливают период стойкости инструмента  $T_m$  (мин) и способ восстановления для перетачиваемых лезвий.

3) Устанавливают глубину резания  $t$ , мм. При черновой обработке стремятся к тому, чтобы,  $t = z$ , т.е. глубина равна величине припуска, но если прочность инструмента не допускает такого, то  $t$  равно части  $z$ , например, при шлифовании  $t \leq 0,03$  мм. При чистовой обработке  $t$  назначают в зависимости от точности (усилия резания  $P_y$ ) или шероховатости поверхности после обработки.

4) Находят величину подачи  $S$ . При черновой обработке  $S = S_{max}$ , исходя из жесткости и прочности системы станка и прочности режущего лезвия инструмента. При чистовой обработке  $S$  выбирают в зависимости от шероховатости поверхности (например, при точении  $R_z = S^2/8r$  или  $S = \sqrt{8r \cdot P_z}$ , где  $r$  – радиус округления режущей кромки). Величину подачи корректируют по параметрам станка, выбирая минимальную в диапазоне.

5) Находят скорость резания  $V$ , м/мин (м/с):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v; \quad (2.15)$$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.16)$$

где  $C_V$  – поправочный коэффициент;

$T$  – период стойкости инструмента, мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача обратная, мм/об;

$K_V$  – поправочный коэффициент, состоящий из  $K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$ ;

$K_{mv}$  – коэффициент качества обрабатываемого материала [8, т. 2, с. 262, табл. 1–4];

Обрабатываемый материал:	Расчетная формула:
Сталь	$K_{mv} = K_m (750/\sigma_\epsilon)^{n_v}$
Серый чугун	$K_{mv} = (190/HB)^{n_v}$
Ковкий чугун	$K_{mv} = (150/HB)^{n_v}$

5.1)  $\sigma_\epsilon$  и  $HB$  – фактические параметры материала обработки.

5.2)  $K_m$  и  $n_v$  – показатели обрабатываемости и степень [8, см. т. 2, с.262, табл. 2];

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки [8, т.2, с. 263, табл. 5];

$K_{uv}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента [8, т.2, с. 263, табл. 6].

б) Определяют частоту вращения шпинделя или детали  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \frac{\text{об}}{\text{мин}}, \quad (2.17)$$

где  $D$  – диаметр детали или инструмента, мм.

Величину  $n$  корректируют по данным станка (для ступенчатых коробок скоростей) и выбирают оптимальную – меньшую –  $n_\phi$ .



7) Определяют фактическую скорость резания  $V_\phi$ :

$$V_\phi = \frac{\pi D \cdot n_\phi}{1000} \text{ м/мин.} \quad (2.18)$$

8) Определяют по известным значениям режима  $t$ ,  $S$ ,  $V_\phi$  силу резания  $P_z$ , Н. Обычно  $P_z = C_{Pz} \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{Pz}$ , где  $K_{Pz}$  – общий поправочный коэффициент, учитывающий изменение условий резания по сравнению с табличными [8, т. 2, с. 264, табл. 9, 10].

9) По известным значениям  $P_z$  и  $V_\phi$  находят мощность резания  $N$ :

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} \text{ кВт.} \quad (2.19)$$

При одновременной работе нескольких инструментов мощность определяют как суммарную мощность отдельных инструментов.

10) Находят эффективную мощность  $N_\varepsilon$ , исходя из параметров привода станка  $N_{ст}$  и к.п.д.  $\eta_\varepsilon$ :

$$N_\varepsilon = N_{ст} \cdot \eta_\varepsilon, \text{ кВт.} \quad (2.20)$$

Величину  $N$  и  $N_\varepsilon$  сопоставляют, если  $N > N_\varepsilon$ , то уменьшают  $V_\phi$  до такой величины, чтобы  $N = N_\varepsilon$ .

11) Находят  $T_o$ , мин:

$$T_o = \frac{l_o}{n \cdot S} \cdot \frac{Z}{t}, \text{ мин,}$$

где  $l_o = l_1 + l_2 + l_3$ , мм,

$l_1$  – длина детали (поверхности);

$l_2$  – врезание (табл. 2);

$l_3$  – перебег (табл. 2).

2. Порядок выполнения работы.

В данной работе рассмотрим выбор и расчет режимов для двух типовых операций: токарно-копиральной на станке 17М22 и вертикально-фрезерной на станке 6Р12.

## 2.1. Режимы резания при токарной обработке.

На примере «Обрабатываем вал на ТКС 17М22 из заготовки – порезки из проката», рассмотрим ход расчета режимов резания.

Объемы – вал  $d_1 \times d_2 \times d_3 \times l_d$ : Ø34/42/48h12;  $L = 400$  мм из стали 5 ( $\sigma_s < 630$  МПа), твердость НВ 160. Шероховатость поверхности  $R_a = 5$  мкм тип производства – серийный,  $N = 2000$  шт/год.

Заготовка – порезка из проката круглого г/к, нормальной точности, Ø52 мм ГОСТ 2590-89; Ø52<sup>+0.4</sup><sub>-10</sub>, масса  $M_3 = 16,67$  кг.

Метод обработки – точение на ТКС однократное: h12 и  $R_a = 5$  мкм [8, т.1, табл. 6].

Станок: гидрокопировальный 17М22, обработка детали ведется в центрах в самозажимном поводковом патроне.

$$n_{\text{мин}} = 50 \div 630 \text{ об/мин};$$

$$S_{\text{нр}} = 1 \div 1200 \text{ мм/мин};$$

$$N_{\text{ДР}} = 30 \text{ кВт}, \eta_{\text{Э}} = 0,85.$$

2.1.1. Выбираем режущий инструмент – резец проходной упорный  $B \times H = 40 \times 60$  мм,  $L = 200$  мм с пластиной Т15К6 с геометрией:  $\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ ;  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 20^\circ$ ; радиус  $r = 2$  мм.

Мерительный инструмент – скоба ПР–НЕ на каждый размер.

Стойкость резца  $T_m$  [8, т. 2, т. 20, с. 213] при сечении  $25 \times 40$  мм у державки резца 40–75 мин. Принимаем  $T_m = 75$  мин.

2.1.2. Выбираем глубину резания  $t = z$ , но так как припуск по ступеням не равномерен, то  $z_1 = \frac{d_3 - d_1}{2} = \frac{52 - 34}{2} = 9$  мм;

$$z_2 = \frac{d_3 - d_2}{2} = \frac{52 - 42}{2} = 5 \text{ мм}; \quad z_3 = \frac{d_3 - d_3}{2} = \frac{52 - 48}{2} = 2 \text{ мм}.$$

Принимаем: обработка ведется в 1 проход, т.е.  $t_1 = 9$  мм,  $t_2 = 5$  мм и  $t_3 = 2$  мм.

2.1.3. Выбираем подачу [8, т.2, т.15, с.210]  $S = 0,3-0,5$  мм/об при  $t = 8$  и  $d=50$  мм. Так как у нас  $t=9$  мм, то возьмем меньшую величину  $S = 0,35$  мм/об.

2.1.4. Скорость резания  $V$  [8, т.2, т.21, с.213]:

$$V = \frac{C_v (K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9)}{T_M \cdot t^x \cdot S^y \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n}, \quad (2.21)$$

где  $C_v = 294$  [8, т. 2, т. 23, с. 214] при работе резцом Т15К6 с  $S = 0,3 \div 0,75$  мм/об по стали;

$$m = 0,125 \text{ [8, т. 2, т. 22, с. 214];}$$

$$x = 0,18 \text{ [8, т. 2, т. 23, с. 214];}$$

$$y = 0,35 \text{ [8, т. 2, т. 23, с. 214];}$$

$$n = 1,75 \text{ [8, т. 2, т. 21, с. 213];}$$

$$K_1 - \text{учитывает влияние угла } \varphi : K_1 = \left(\frac{45}{\varphi}\right)^{0,3} = \left(\frac{45}{60}\right)^{0,3} = 0,812;$$

$K_2$  – учитывает влияние поперечных размеров резца

$$b \times h = K_2 = \left(\frac{q}{20 \cdot 30}\right)^{0,08} = \left(\frac{20 \cdot 40}{20 \cdot 30}\right)^{0,08} = 1,08;$$

$$K_3 - \text{учитывает влияние } \varphi_1 = K_3 = \left(\frac{16}{\varphi_1}\right)^{0,09} = \left(\frac{16}{20}\right)^{0,09} = 0,907;$$

$$K_4 - \text{учитывает влияние радиуса резца при вершине } r: K_4 = \left(\frac{r}{2}\right)^{0,1} = 1;$$

$K_5$  – учитывает влияние материала резца: для Т15К6  $K_5=1$ ;

$K_6$  – учитывает материал детали: для углеродистой стали с  $C < 0,6\%$   $K_6=1$ ;

$K_7$  – учитывает способ получения заготовки:  $K_7=1$  для горячекатаного проката;

$K_8$  – учитывает состояние поверхности заготовки:  $K_8=1$  для стальных заготовок с окалиной;

$K_9$  – учитывает влияние формы передней грани резца: для плоской формы  $K_9=1,2$ ;

$$V = \frac{294 \times 1,08 \times 0,812 \times 0,907 \times \dots \times 1,2}{75^{0,125} \times 9^{0,18} \times 0,35^{0,35} \times \left(\frac{160}{200}\right)^{1,75}} = 212 \text{ м/мин.}$$

2.1.5. Частота вращения детали  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = 1300 \text{ мм/об,}$$

где  $n_\phi = 1140$  об/мин.

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 1140}{1000} = 186 \text{ м/мин.}$$

2.1.6. Сила резания  $P_z$ :

$$P_z = C_{P_z} \cdot t^{x_1} \cdot S^{y_1} \cdot H^{n_1} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

где  $C_{P_z} = 27,9$  [8, т. 2, т. 27, с. 217];

$x_1 = 1$  [8, т. 2, т. 27, с. 217];

$y_1 = 0,75$  [8, т. 2, т. 27, с. 217];

$n_1 = 0,35$ ;

$K_1$  – учитывает свойства обрабатываемой детали: для горячекатаной стали  $K_1=1,0$ ;

$K_2$  – учитывает влияние угла  $\varphi$ :  $K_2=1,08$  для  $\varphi = 90^\circ$ ;

$K_3$  – учитывает влияние радиуса  $r$ :  $K_3 = \left(\frac{r}{2}\right)^{0,1} = \left(\frac{2}{2}\right)^{0,1} = 1$ ;

$K_4$  – учитывает влияние угла  $\gamma$  [т. 2, т. 30, с. 218]:  $K_4=0,9$ ;

$K_5$  – учитывает влияние износа резца [т. 2, т. 31, с. 218]:  $K_5=1,0$ ;

$$P_z = 27,9 \cdot 9 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 160^{0,75} \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 780 \text{ Н.}$$

2.1.7. Мощность резания  $N$ :

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102} = \frac{780 \cdot 186}{60 \cdot 102} = 23,3 \text{ кВт.}$$

2.1.8. Мощность эффективная на приводе станка  $N_9$ :

$$N_{\text{Э}} = N_{\text{КР}} \cdot \eta_{\text{Э}} = 30 \cdot 0,85 = 25,5 \text{ кВт},$$

т.е. по мощности  $N < N_{\text{Э}} = 23,3 < 25,5$ .

Коэффициент использования мощности  $K_{\text{Э}}$ :

$$K_{\text{Э}} = \frac{N}{N_{\text{Э}}} \cdot 100\% = \frac{23,3}{25,5} \cdot 100 \cong 91,4 \text{ \%}.$$

2.1.9. Найдем  $T_o$ :

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} \cdot \frac{Z}{t} = \frac{400 + 5}{1140 \cdot 0,35} \cdot 1 \cong 1,02 \text{ мин.}$$

2.2. Режимы резания при фрезеровании плоскостей.

На примере «обрабатываем плоскую поверхность основания в заготовке поковке на вертикально-фрезерном станке 6Р12» рассмотрим ход расчета режимов резания.

Объект – основание из стали 35ХМ ( $\sigma_{\text{в}} = 780$  МПа) размерами  $500 \times 150 \times 40 \times h14$  мм. Обрабатывается плоскость  $500 \times 150$  мм в заготовке – поковке на молотах с припуском  $z=1,5$  мм на сторону в размер  $40h14$ . Шероховатость поверхности  $R_z = 16$  мкм. Твердость детали  $HB 260$ . Тип производства – серийный ( $N = 3000$  шт/год). Масса детали – 24,3 кг, масса заготовки – 29,8 кг.

Метод обработки – однократное фрезерование торцевыми фрезами на вертикально-фрезерном станке 6Р12 с установкой основания в машинные тиски универсальные поворотные с ручным приводом.

Измерение производится штангенциркулем ШЦ-1 с  $\ell = 150$  мм, цена деления (ц.д.) 0,1 мм.

Станок 6Р12 имеет стол размерами  $320 \times 1250$  мм; частота вращения шпинделя от 31,5 до 1600 об/мин; продольная подача стола – 25–1250 мм/мин; мощность главного привода  $N_{\text{ДР}} = 7,5$  кВт,  $\eta_{\text{Э}} = 0,75$ .

2.2.1. Выбираем режущий инструмент – торцевую фрезу со вставными призматическими ножами из сплава Т15К6 (группа Р,

применение 10) – ГОСТ 3882-89. Определяем диаметр фрезы  $D_{\Phi P} = 1,6 \cdot B_{\Phi P} = 1,6 \cdot 150 = 240$  мм. Принимаем из ряда фрез  $\varnothing 250$  мм. Число зубьев фрезы  $z=8$ . Геометрия резцов:  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 5^\circ$ ;  $\alpha = 15^\circ$ ;  $\gamma = -5^\circ$ ;  $\lambda = 12^\circ$ . Период стойкости  $T_m$  для фрезы  $\varnothing 250$  мм выбираем 240 мин из расчета замены фрезы после рабочей смены. Допустимый износ по задней поверхности зуба  $h_3=1$  мм.

2.2.2. Глубина резания  $t=z=1,5$  мм.

2.2.3. Подача  $S$  по рекомендации для обеспечения  $R_z = 16$  мкм;  $S_z=0,1-0,125$  мм/зуб. Так как снимается малый припуск, принимаем  $S_z = 0,125$  мм/зуб, отсюда  $S = S_z \cdot z = 0,125 \cdot 8 = 1$  мм/об.

2.2.4. Скорость резания  $V$  для условия, что ширина заготовки  $b = 150$  мм равна ширине фрезерования  $B$  составит:

$$V = \frac{C_V \cdot D_{\Phi P}^q}{T_m \cdot t^{x_V} \cdot S_z^{y_V} \cdot B^{u_V} \cdot Z^{p_V}} \cdot K_V. \quad (2.22)$$

Для стали 35ХМ с  $\sigma_6=750$  МПа значения входящих величин будут:

$$C_V = 332; q_V = 0,2; m = 0,2; x_V = 0,1; y_V = 0,4; u_V = 0,2; p_V = 0.$$

$$K_V = \frac{750}{\sigma_B} = \frac{750}{780} = 0,96;$$

$$V = \frac{332 \cdot 250^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,125^{0,4} \cdot 150^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,96 = 262 \text{ м/мин.}$$

2.2.5. Частота вращения шпинделя  $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\Phi P}} = \frac{1000 \cdot 262}{3,14 \cdot 250} = 334$  об/мин.

На станке имеется  $n = 315$  об/мин, тогда  $n_\Phi = 315$  об/мин;

$$V_\Phi = \frac{\pi \cdot D_{\Phi P} \cdot n_\Phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 315}{1000} = 247 \text{ м/мин.}$$

2.2.6. Определяем минутную подачу при фрезеровании:

$$S_{мин} = S_O \cdot n_\Phi = 1 \cdot 315 = 315 \text{ мм/мин.}$$

Корректировать ее нет надобности, так как в коробке подач станка  $S_{мин} = 315 \text{ мм/мин}$  имеется.

2.2.7. Так как станок по глубине резания  $t = 1,5 \text{ мм}$  явно не догружен, то значение  $P_z$  определять в нашем случае нет необходимости.

2.2.8. Определим мощность резания  $N$ :

$$N = C_N \cdot 10^{-5} \cdot D_{\phi P}^{q_N} \cdot t^{x_N} \cdot S^{y_N} \cdot B^{u_N} \cdot Z^{p_N} \cdot n^{z_N} \cdot K_N$$

и цифровые значения в формуле будут:  $C_N = 42,4$ ;  $q_N = -0,3$ ;  $x_N = 1$ ;  $y_N = 0,75$ ;  $u_N = 1,1$ ;  $p_N = 1,0$ ;

$$K_N = K_{MN} \cdot K_{\phi N} \cdot K_{\gamma N}$$

$$K_{MN} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^{0,3} = 1,02; \quad K_{\phi N} = 1,0 (\text{для } \phi = 60^\circ); \quad K_{\gamma N} = 0,95 (\text{для } \gamma = -5^\circ).$$

$$N = \frac{42,4 \cdot 10^{-5} \cdot 1,5 \cdot 0,125^{0,75} \cdot 150^{1,1} \cdot 8 \cdot 315^{0,8}}{250^{0,3}} \cdot 1,02 \cdot 0,95 = 4,7 \text{ кВт}.$$

2.2.9. Определим  $N_9$ :

$$N_9 = N_{ПП} \cdot \eta_9 = 7,5 \cdot 0,75 = 5,63 \text{ кВт}.$$

Так как  $N < N_9$ , т.е.  $4,7 < 5,63$ , то обработка на таком режиме возможна.

2.2.10. Найдем  $T_o$ :

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{S_{мин}} = \frac{500 + 250 + 4}{315} = 2,38 \text{ мин},$$

где  $l_2 = 250 \text{ мм}$ , для полуставового фрезерования т.е.  $l_3 = 3 \div 5 \text{ мм}$ , принимаем  $l_3 = 4 \text{ мм}$ .

2.3. Каждый студент получает задание на проведение работы из табл. 2.14 и проводит расчет в соответствии с п.п. 2.1 и 2.2.

3. Отчет по работе.

Студенты приводят расчеты режимов на точение и фрезерование:  $t$ ,  $S$ ,  $V$ ,  $P_z$ ,  $N_9$ ,  $T_o$ , параметры инструментов.

4. Литература.

Таблица 2.14

## Варианты заданий

№ вар	Точение					Фрезерование			
	Материал вала	Размеры, мм			<i>N</i> , шт/год	Материал основания	Припуск <i>z</i> , мм	<i>V<sub>дет</sub></i> , мм	<i>N</i> , шт/год
1	Сталь 45	Ø50	Ø45	Ø40	1000	СЧ15	1,5	150	1000
2	Сталь 45	Ø50	Ø40	Ø36	2000	СЧ15	2,0	150	2000
3	Сталь 35ХМ	Ø50	Ø40	Ø36	2000	Сталь 40Х	3,5	140	3000
4	Сталь 35ХМ	Ø50	Ø40	Ø36	5000	Сталь 40Х	5,0	140	4000
5	Сталь 3	Ø50	Ø48	Ø45	2000	Сталь 35	5,0	140	5000
6	Сталь 3	Ø50	Ø45	Ø40	1000	Сталь 45	3,0	150	10000

## 5. Вопросы для самоконтроля:

5.1. Какой параметр режима влияет на величину *T<sub>0</sub>*:

- число проходов;
- глубина резания;
- подача инструмента;
- припуск;
- частота вращения.

## 5.2. Если мощность по расчету оказалась больше установленной, то какой параметр уменьшают:

- скорость резания;
- подачу;
- глубину;
- припуск;
- число проходов.

## 5.3. Если подачу увеличивают, то производительность растет, а что в этом отрицательного:

- растет нагрузка;
- растет деформация;
- растет износ деталей приспособления;
- ухудшается шероховатость;
- растет мощность резания.



Таблица 2.15

Суммарные величины врезания  $l_1$  и перебега  $l_2$  при фрезеровании торцевыми фрезами

Ширина фрезерования $b$ , мм	$l_1+l_2$ в мм. для фрезы диаметром $D$ в мм.																
	до 20	32	40	50	80	100	120	160	180	200	220	260	280	300	320	360	400
16	6	5	5	5	5												
20		7	6	6	5	5	5										
25		10	7	7	6	6	5	5									
32			10	9	7	7	6	6	6								
40				11	10	9	8	8	7	7							
60					20	11	12	12	10	10	9	9					
80						24	20	17	16	14	13	12	11	11			
100						54	30	26	21	18	17	16	15	15	14	13	12
120							49	33	29	25	22	20	19	18	17	16	13
140								71	49	31	30	27	24	24	22	21	19
160									54	45	39	31	31	29	27	25	22
180										61	50	43	39	36	33	31	27
200										105	60	55	48	44	40	37	33
220											92	71	60	54	48	45	39
240												95	75	66	58	54	46
260													97	81	77	64	54
280														105	85	76	62
300														156	105	91	73
320															138	110	85
340																139	100

## 2.5. Определение нормы времени на операцию фрезерования

Цель работы: научить студента выбирать элементы нормы времени из справочно-технической литературы и вести расчеты штучного или штучно-калькуляционного времени.

### 1. Общие сведения.

В серийном производстве норма времени  $T_{шт-к}$  определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}. \quad (2.23)$$

Эту формулу можно переписать так:

$$T_{шт-к} = T_o + T_г + T_{обсл} + T_{отд} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (2.24)$$

где  $T_{шт}$  – норма штучного времени, мин;

$T_o$  – основное время, мин. Этот параметр определяют из выражения:

$$T_o = \frac{L_o}{n \cdot S} \cdot i = \frac{L_o + l_1 + l_2}{n \cdot S} \cdot \frac{z}{t}, \quad (2.25)$$

где  $L_o, L_o, l_1, l_2$  – длины: обработки, детали, врезания и перебега, мм;

$S$  – подача, об/мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$z$  – припуск, мм;

$i$  – число проходов;

$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$  – частота вращения, об/мин;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$D$  – диаметр детали (инструмента) мм;

$T_г$  – вспомогательное время (мин), эта величина складывается из:

$$T_г = T_{г1} + T_{г2} + T_{г3}, \quad (2.26)$$

где  $T_{г1}$  – время установки и снятия детали, мин;

$T_{в2}$  – время связанное с переходом (время на проход), мин;

$T_{в3}$  – время на контрольные измерения, мин;

$T_{обсл}$  – время на организационные ( $T_{орг}$ ) и техническое ( $T_{тех}$ ) обслуживание рабочего места, мин;

$T_{отд}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин;

$T_{п.з}$  – подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин;

$n$  – размер партии деталей, шт.

Для упрощения расчетов в структуре нормы вводят так называемое оперативное время:  $T_{оп} = T_o + T_v$ , а  $T_{обс}$  и  $T_{отд}$  задают в виде коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  от  $T_{оп}$ . Эффективность работы рабочего-станочника часто оценивают путем определения коэффициента основного времени:

$$K_0 = \frac{T_o}{T_{шт-к}}. \quad (2.27)$$

Опыт работы показывает, что чем больше этот коэффициент, тем эффективнее организован труд и выше его отдача.

Для справки  $K_0$  для универсальных станков с ручным управлением  $K_0 \approx 0,4 \dots 0,5$ , для станков с ЧПУ  $K_0 \approx 0,8$ , а для обрабатывающих центров  $K_0 \approx 0,95$ .

Благодаря эффективным методам обработки, станкам и инструментам повышение производительности труда, т.е. уменьшение  $T_o$  возможно в очень ограниченных пределах (до 10 %), а главный источник повышения – это экономия  $T_v$ ,  $T_{орг}$ ,  $T_{обс}$ ,  $T_{отд}$ , и  $T_{п.з}$ , в основном – это уменьшение  $T_v$ . Известно, что фрезерование является высокопроизводительным методом обработки плоских и фасонных поверхностей на относительно простых в техническом плане станках относительно дешевыми лезвийными инструментами – фрезами различной

конструкции и позволяет получить точность обработки по h8 – h9, а при особых приемах и по h7.

2. Задание по работе.

Объект обработки – деталь – плита размерами  $L \times L \times H$  (табл. 2.16).

Таблица 2.16

Варианты заданий

№ вар	Размеры детали, мм			Масса детали, кг	Материал детали	Режимы обработки			
	$H$	$L_1$	$L_2$			$n$	$S$ , мм/об	$z$ , мм	$t$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	40	100	125	3,9	Сталь	530	0,09 - 0,018	3,6	1,8
2	60	120	200	11,2	Чугун	500	0,14 - 0,2	3,6	1,2
3	70	130	300	7,6	Ал 2	1600	0,3 - 0,5	4,2	1,4
4	80	280	100	24,5	Латунь	2000	0,3 - 0,5	4,4	2,2
5	80	140	55	4,8	Чугун	500	0,14 - 0,2	5	2,5
6	100	75	70	4,1	Сталь	530	0,09- 0,18	6	3

Содержание операции: вертикально-фрезерная по обработке поверхности детали в размере  $H$  по 14 качеству и шероховатости поверхности  $R_a = 5$  мкм. В соответствии с рекомендациями (л. р. № 2.2, табл. 4) выберем метод обработки плоскостей – это фрезерование торцевыми фрезами на вертикально-фрезерных станках с установкой детали в машинных тисках с ручным зажимом с проверкой детали шаблоном. Партия  $n = 100$  шт. Годовая программа  $N = 3000$  шт.

Содержание операции:

А. Установить плиту в тиски, закрепить (снять).

1. Фрезеровать поверхность в размер  $H$ -IT14.

2. Контроль детали.

В табл. 2.16 приведены варианты заданий студентам режимы резания для соответствующих объектов. Студент по номеру задания (размеры и масса объекта и его материал) находит рекомендуемые значения:  $n$ , об/мин;  $S$ , мм/об;  $z$ , мм и  $t$ , мм.

В табл. 2.17 – 2.23 приведены выборки из справочной литературы по нормативам времени.

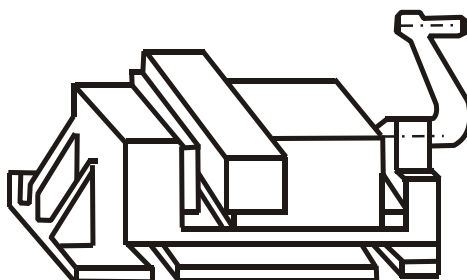
Таблица 2.17

Суммарная величина врезания  $l_1$  и перебега при  $l_2$  при фрезеровании

Глубина резания, мм	Диаметр фрезы $D$ , мм									
	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,5	7	8	9	10	11	13	15	16	18	20
2	9	11	12	14	15	17	19	21	24	26
3	11	13	14	16	18	20	22	25	27	31
4	12	14	16	18	20	23	26	29	32	35
5	13	15	17	20	22	25	28	31	35	39
6	14	16	18	21	24	27	30	34	38	42
7	15	17	19	22	25	29	32	36	40	45
8	15	18	20	24	27	30	34	38	43	48
9	16	19	21	25	28	32	35	40	46	51
10	16	19	22	26	29	33	38	42	48	53
12		20	23	27	31	25	40	46	52	58
14			24	29	33	38	43	49	55	62
16			25	30	35	40	45	52	58	65
18				31	36	42	47	54	61	69
20				32	38	43	50	57	64	72
22				33	39	44	51	59	67	75
25					40	46	54	62	70	78
28					41	48	56	65	74	83
30						49	57	66	76	85
35						51	60	70	80	91
40							62	73	84	96

Таблица 2.18

Вспомогательное время на установку и снятие детали (установках в тисках)



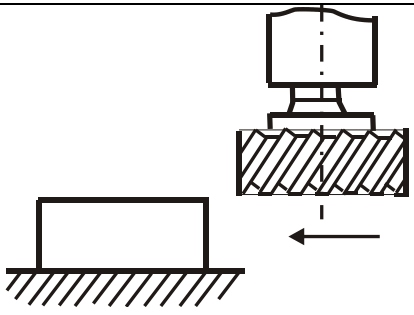
№ п/п	Способ установки детали	Состояние установочной поверхности	Харак- тер вы- верки	К-во одно- временно устанавли- ваемых деталей	Вес детали в кг до				
					5	8	12	20	30
					Время в мин (на комплект устанавливаемых деталей)				
1	2	3	4	5	6				
1	В тисках с винтовым зажимом	Обработанная (или необра- ботанная из проката)	без вывер- ки	1	0,32	0,36	0,41	0,46	0,55
2				0,46	0,55	-	-	-	
3				0,60	-	-	-	-	
4				0,75	-	-	-	-	
5				-	-	-	-	-	
6				-	-	-	-	-	
7		Необработан- ная (отливка)	с вывер- кой	1	0,37	0,41	0,46	0,50	0,60
8	В тисках с пневмати- ческим зажимом	Обработанная (или необра- ботанная из проката)	без вывер- ки	1	0,22	0,26	0,31	0,37	0,46
9				0,36	0,45	-	-	-	
10				0,50	-	-	-	-	
11				0,65	-	-	-	-	
12				-	-	-	-	-	
13				-	-	-	-	-	
14		Необработан- ная (отливка)	с вывер- кой	1	0,27	0,31	0,36	0,42	0,50
				1	0,85	0,95	1,15	1,4	1,6

Примечание: 1. При переустановке детали время по таблице применять с коэффициентом 0,8.

2. При установке деталей из легких сплавов время по таблице применять с коэффициентом 1,1.

Таблица 2.19

## Время на проход

№ поз.	Фрезерование плоскостей		Группа станков – II	
			Длина стола – 250 мм	
1		Фрезой, установленной на размер	0,18	
		С установкой фрезы	По лимбу	0,30
			По разметке	0,60
			По шаблону приспособления	0,38
Время на приемы, связанные с переходом, не вошедшие в комплексы				
2	Поставить и снять щиток ограждения от стружки	Шарнирный	0,06	
3		Съемный	0,18	
4	Переместить стол в продольном направлении на длину свыше 200 мм при длине перемещения в мм до	300	0,04	
5		500	0,09	
6		750	0,20	
7		1000	-	
8		1500	-	

Примечание: 1. При выполнении работы с установкой фрезы в двух направлениях к табличному времени следует добавлять 0,10 мм.

Таблица 2.20

## Время на контрольные измерения



№ поз.	Измерительный инструмент	Точность измерения	Измерительный размер в мм до			
			100	300	500	1000
			Время в мин			
1	2	3	4			
1	Шаблон или скоба линейная односторонняя	0,2...0,5 мм	0,07	0,09	0,11	0,13
2		< 0,2 мм	0,10	0,13	0,16	0,20
3	Шаблон линейный двухсторонний	0,2...0,5 мм	0,09	0,11	0,14	0,16
4		< 0,2 мм	0,12	0,16	0,20	0,25

Таблица 2.21

## Время обслуживания

Параметры	Группа станков			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Длина стола в мм до	750	1250	1800	2500
Процент от оперативного времени	3,0	3,5	4,0	4,5



Таблица 2.22

## Время на отдых и естественные надобности

Характер подачи	Вес детали, кг до	Машинно-ручное время, мин	Оперативное время операции (мин) до			
			0,1	0,2	0,5	1,0 выше
1	2	3	4	5	6	7
Ручная	1	20		6	5	4
		40	7	6	6	5
		80		7	7	7
	5	20			6	5
		40		-	6	6
		80			7	8
	10	20			7	5
		40		-	7	6
		80			8	8
	20 и выше	20				7
		40		-	8	8
		80				9
Механическая	-	-	4	4	4	4

Таблица 2.23

## Время подготовительно-заключительное

Способ установки детали		Количество установленных фрез	Группа станков			
			I	II	III	IV
			Длина стола в мм до			
			750	1250	1500	2500
			Время в мин			
1		2	3			
В универсальном приспособлении (патрон, патрон с центром, центра, болты с планками, тиски)	Без делительной головки	–	10	11	12	13
		1 – 2	14	16	18	20
		Св. 2	16	19	22	24
	С делительной головкой	–	16	17	20	21
		1 – 2	20	22	26	28
		Св. 2	22	25	30	32
В специальном приспособлении при установке приспособления	Вручную	–	13	16	19	21
		1 – 2	17	21	25	28
		Св. 2	19	24	28	32
	Краном	–	15	18	21	24
		1 – 2	19	23	27	31
		Св. 2	21	26	30	35
В универсальном или специальном приспособлении при групповой обработке деталей (частичная наладка станка без смены зажимного приспособления)	–	5	8	9	10	
	1 – 2	10	11	13	14	
	Св. 2	12	13	16	17	

Для расчета  $T_o$ ,  $T_b$ ,  $T_{обс}$ ,  $T_{отд}$ , и  $T_{п.з}$  для фрезерования плоскостей.

На примере перехода №1 рассмотри далее всю процедуру определения элементов нормы времени при условии, что  $L_1 = 100$  мм.

3. Порядок выполнения работы.

3.1. Каждый студент получает у преподавателя задание (табл. 2.16) по обработке плоской детали – плиты – на станке вертикально-фрезерном 6Р12 фрезой торцевой с установкой детали в тиски машинные с ручным зажимом с контролем скобой. Партия деталей  $n = 100$  шт. Порядок расчета ведем так:

3.1.1. Находим  $L_o$ , пользуясь данными табл. 2.17;

3.1.2. Определяем  $T_o$  для заданного варианта режима;

3.1.3. Определяем  $T_e$ , используя данные табл. 2.18, 2.19, 2.20;

3.1.4. Находим  $T_{обс}$ ,  $T_{отд}$  (табл. 2.21, 2.22);

3.1.5. Находим  $T_{н.з.}$  на партию (табл. 2.23) и на одну деталь;

3.1.6. Определяем  $T_{он}$ ;

3.1.7. Находим  $T_{шт}$ ;

3.1.8. Находим  $T_{шт-к}$ ;

3.1.9. Рассчитываем  $K_o$ .

На примере задания №1 выполним цифровой расчет для детали  $L_1 \times L_2 \times H = 100 \cdot 125 \cdot 40$  мм, из стали массой 3,9 кг на режиме:

$$n = 530 \frac{1}{\text{мин}}; S = 0,12 \frac{\text{мм}}{\text{об}}; z = 3,6 \text{ мм}; t = 1,8 \text{ мм}.$$

Размер фрезы  $D_{фр}$  выбираем из соотношения  $D_{фр} = 1,6 \cdot B_{фр}$ , где  $B_{фр}$  – ширина обработки (у нас  $B_{фр} = L_1 = 100$  мм) и тогда  $D_{фр} = 1,6 \cdot 100 = 160$  мм.

3.1.10. Пример расчета:

$$L_o = l_g + l_1 + l_2 = 100 + 19 = 119 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{L_o}{n \cdot S} \cdot \frac{z}{t} = 3,742 \text{ мин} \approx 3,74 \text{ мин};$$

$$T_e = T_y + T_n + T_n = 0,32 + 0,18 + 0,09 = 0,59 \text{ мин};$$

$$T_{он} = T_o + T_e = 3,74 + 0,59 \approx 4,33 \text{ мин};$$

$$T_{обс} = 3,5\% \cdot T_{он} \text{ для станков II группы};$$

$$T_{отд} = 5\% \cdot T_{он};$$

$T_{n-3} = 16$  мин для станков II группы при установке в тиски без делительной головки при 1 – 2 фрезах;

$$T_{ум} = T_o + T_в + T_{обсл} + T_{отд} = T_{он} \cdot (1 + 0,035 + 0,05) = 4,33 \cdot 1,085 = 4,7 \text{ мин};$$

$$T_{ум-к} = T_{ум} + \frac{T_{n-3}}{n} = 4,7 + \frac{16}{100} = 4,86 \text{ мин};$$

$$K_0 = \frac{T_o}{T_{ум-к}} = \frac{3,47}{4,86} = 0,77.$$

В сравнении со справочными данными  $K_0 = 0,77$  больше величины  $K_0$  для универсальных станков.

#### 4. Содержание отчета.

Студент приводит в протоколе схему операции фрезерования и данные расчетов в соответствии с заданием:  $T_o$ ;  $T_в$ ;  $T_{ум}$ ;  $T_{ум-к}$  и  $K_0$ .

В конце делает вывод об эффективности или неэффективности варианта выполняемой работы.

#### 5. Литература.

#### 6. Вопросы для самоконтроля.

##### 6.1. Какой параметр режима влияет на величину $T_o$ ;

- число проходов;
- глубина резания;
- подача инструмента;
- припуск;
- частота вращения.

6.2. Если мощность по расчету оказалась больше установленной, то какой параметр уменьшают:

- скорость резания;
- подачу;
- глубину;

- припуск;
- число проходов.

6.3. Если подачу увеличивают, то производительность растет, а что в этом отрицательного:

- растет нагрузка;
- растет деформация;
- растет износ элементов;
- ухудшается шероховатость;
- растет мощность резания.

## **2.6. Анализ заводского технологического процесса механической обработки типовой детали**

Цель – ознакомить студента с основной технологической информацией и документацией действующего предприятия и научить умению вести анализ документов.

### **1. Общие сведения.**

В условиях серийного или крупносерийного производства машин и их деталей на предприятиях постоянно возникает необходимость в модернизации, усовершенствовании или даже замене конструкций деталей и сборочных единиц и, следовательно, в изменении не только конструкторской, но и технологической документации. Так как изменения в технологической документации затрагивают очень большой пласт материальных объектов (станков или машин, приспособлений, инструментов и др.), то перед этой работой необходимо проанализировать действующую технологическую документацию. Основным документом

технолога на предприятии является маршрутная карта (МК), и ее анализу посвящена эта работа.

Для анализа необходимы исходные материалы и некоторые данные из действующего производства. К ним относят: рабочий чертеж детали, чертеж сборочной единицы, на котором видна рассматриваемая деталь и сопрягаемые детали, чертеж исходной заготовки, технологический процесс на МК, данные об объеме выпуска деталей в год.

Анализ проводят в следующем порядке.

1.1. Изучение рабочего чертежа с целью установления наименования детали, ее обозначения по ГОСТ 2.201-89 ЕСКД «Обозначение изделий в конструкторских документах», номера чертежа; краткое описание конструкции детали, ее материала (с указанием ГОСТа), термообработки и достигаемых результатов по твердости (HRC; HB); наличия и характера технических требований, влияющих на механическую обработку; установления технологического кода, характеристики по жесткости, прочности, точности, шероховатости, трудоемкости.

1.2. Выявление конструкторских баз детали как основных, так и вспомогательных по сборочному чертежу или общему виду сборочной единицы, в которую входит рассматриваемая деталь. Это можно выполнить и по рабочему чертежу детали, ориентируясь на расстановку размеров, их точность и поля допусков, а также по функциональному назначению поверхностей детали.

1.3. Подробное изучение чертежа исходной заготовки с целью установления ее вида и способа изготовления, соответствия ее ГОСТу, класса точности заготовки, наличия на ее поверхностях уклонов, заусенцев, напусков и др., величины общих припусков на основных поверхностях.

Важно обратить внимание на массу исходной заготовки, определить коэффициент использования материала и дать заключение о правильности выбора вида заготовки. Следует предложить возможные перспективные виды получения исходной заготовки для рассматриваемой детали.

1.4. Рассмотрение и анализ плана технологического процесса механической обработки детали производится по МК.

Анализ технологического процесса (ТП) по характерным чертам

- по числу охватываемых изделий – типовой или единичный;
- по назначению – рабочий или перспективный;
- по документации – маршрутно-операционный, операционный или маршрутный.

Структура технологического процесса. Общее число операций в ТП, в том числе станочных, слесарных, термических, контрольных, моечных.

Показатели трудоемкости изделия:

– суммарное штучное время  $\sum T_{шт}$  ;

– суммарное штучно калькуляционное время:

$$\sum T_{шт.к.} = \sum T_{шт.} + \sum T_{пз.шт.} . \quad (2.29)$$

1.5. Технологические базы в механообрабатывающих операциях.

Поверхности, принятые в качестве черновой технологической базы и правильность их выбора (сколько раз используется и др.).

Поверхности, выбранные в качестве чистовых баз, соблюдение принципов совмещения баз, постоянство баз.

1.6. Наименование, главная цель и содержание технологических операций.

1.7. Выявление принципов, положенных в основу установления последовательности операций.

1.8. Основные показатели технологического процесса (вид технологического процесса по соблюдению принципов концентрации и дифференциации).

1.9. Оформление титульного листа и маршрутной карты. Формы МК, используемые в этом процессе; замечания по их оформлению, правильность нумерации операции и операционных документов в маршрутной карте.

## 2. Порядок выполнения работы.

Перед началом работы каждый студент получает у преподавателя задание: чертеж детали, чертеж сборочной единицы (по потребности), маршрутный техпроцесс конкретного завода на МК и годовую программу  $N$  шт/год. На примере одной из деталей приведем пример ее выполнения.

На рис. 2.4 приведен объект – зубчатое колесо – часть механизма коробки передач станка.

2.1. Деталь – зубчатое колесо (конструкторский код АБВГ.406121.006) – это монолитное зубчатое цилиндрическое колесо с наружными прямыми зубьями, с центральным сквозным отверстием, круглым в поперечном сечении, без ступицы. Материал – сталь 40Х ГОСТ 4543-89. Масса детали 7,5 кг. Наружный диаметр колеса  $d=180h11$  мм, ширина  $b=50h12$  мм, отверстие  $D=80H7$  (размер высокой точности и с малой шероховатостью  $Ra=0,4$  мкм). Шероховатость наружной поверхности  $Ra=5$  мкм, торцов  $Ra=1,6$  мкм и  $3,2$  мкм. Технологический код – А35114.2442240В. Зубья эвольвентные  $m = 2,5$  мм,  $z = 70$ , шероховатость их рабочих поверхностей  $Ra=1,6$  мкм. Зубья закалены до твердости 51,3...55,2 HRC<sub>3</sub>. Степень точности зубьев 8-7-7-8 по ГОСТ 1463-89. В отверстии имеется шпоночный паз шириной 20H8. Имеются допуски, ограничивающие радиальные биения зубьев, торцовое биение



торцов и др. Общая твердость металла 230...285 НВ достигается на исходной заготовке закалкой с высоким отпуском (улучшением), проведенным до механической обработки. Деталь технологична. Наиболее сложными элементами детали являются зубья высокой точности и точное отверстие, требующее многократной механической обработки. Рассмотрение фрагмента общего вида сборочной единицы позволяет выяснить конструкторскую базу детали. В нашем случае основной конструкторской базой являются поверхности: отверстие  $\varnothing 80H7$ , один из торцов и шпоночный паз  $b=20H8$ ; а вспомогательной – рабочие поверхности зубьев, которыми она входит в зацепление с другим зубчатым колесом. В качестве исходной заготовки для рассматриваемой детали выбрана поковка штампованная  $d_0 = 186,6$  мм,  $B_0 = 55,6$  мм с отверстием  $D_0 = 75$  мм (рис. 2.5). Из рассмотрения эскиза заготовки можно установить величины общих припусков на механическую обработку: масса исходной заготовки  $M_0 = 9,887$  кг и  $K_{им} = 7,5/9,887 = 0,76$ , что отвечает нормам и свидетельствует о правильном выборе заготовки. Исходная заготовка будет подвергнута термообработке, а затем очистке от окалины.

2.2. Анализ технологического процесса по МК (рис. 2.6). Из рассмотрения МК технологического процесса установим план технологического процесса и его основные черты.

Рассматриваемый технологический процесс – единичный (охватывает одну конкретную деталь), по назначению – рабочий; по документации и степени детализации описания он маршрутно-операционный. На примере процесса (табл. 2.24) проведем анализ. Общее число операций – 14, в том числе: станочных – 9, электротермических – 1, электрохимических – 1, слесарных – 1, моечных – 1, контрольных – 1 (табл. 2.24).

Таблица 2.24

## Структура техпроцесса

Номер операции	Код и наименование операции	Содержание операции	Штучно-калькуляционное время $T_{шт-к}$ , мин
005	4111.Токарно-револьверная	Подрезать торец и точить наружную поверхность до кулачков, предварительно, зенкеровать отверстие и фаску и развернуть отверстие предварительно и окончательно.	6,37
010	4111. Токарно-револьверная	Точить наружную поверхность до кулачков предварительно и зенкеровать фаску	2,85
015	4133.Плоскошлифовальная	Шлифовать необработанный торец однократно	3,12
020	4133.Плоскошлифовальная	Шлифовать торец первый окончательно	3,12
025	4181. Горизонтально – протяжная	Протянуть шпоночный паз	1,05
030	7112. Автоматная токарная	Точить наружную поверхность и 2 фаски окончательно	2,07
035	0190. Слесарная	Снять заусенцы и притупить острые кромки	1,0
040	4153. Зубофрезерная	Фрезеровать зубья под шевингование	5,1
045	4157. Зубошевинговальная	Шевинговать зубья	1,2
050	5130. Электротермическая	Закалка зубьев с нагревом зубьев ТВЧ	
055	4158. Зубохонинговальная	Хонинговать зубья окончательно	1,5
060	7261. Электрохимическая	Электрохимическое растворение заусенцев и скругление острых кромок	
065	0130. Моечная	Мойка деталей	
070	0200. Контрольная	Контроль окончательный	

Показатели трудоемкости детали устанавливаются путем сложения данных в двух последних графах МК. Сумма – штучно-калькуляционного времени  $T_{n-3}$  (табл. 2.24). Рассматривая наименование и содержание операций, можно установить цель операций и правильность принятой последовательности операций, какому принципу (концентрации или дифференциации) отвечает большинство операций.

2.3. В заключение работы проверяют на каком бланке оформлена МК и соответствует ли он ГОСТ 3.1118-89. Так как это форма 1, то бланк в соответствии с видом технологического процесса – единичный техпроцесс – выбран правильно (рис. 2.6). Все графы МК заполнены правильно. В номерах технологических документов кодом АБВГ условно показан код организации-разработчика. Последовательность и содержание операций, приведенных в табл. 2.24, изложены подробно с учебной целью.

2.4. Рассмотрев все операционные эскизы, можно установить:

- поверхности, принятые за черновую технологическую базу, и проверить, правильно ли они выбраны;

- поверхности, принятые за чистовые базы, и проверить, правильно ли они выбраны и соблюдаются ли принцип постоянства баз и принцип совмещения их с конструкторской базой;

- распределение общего припуска на механическую обработку на операционные припуски по операционным эскизам (это пояснит появление межоперационных размеров, а также покажет, правильно ли установлена глубина резания  $t$  для каждого перехода).

Проанализируем наружную поверхность, которая у исходной заготовки равна  $186_{-0,6}^{+1,0}$ , а у детали –  $180h11_{(-0,25)}$ . Допуск размера исходной заготовки  $T_0 = 1,6$  мм соответствует примерно 15-му качеству, а допуск размера детали 11-ого качества. Перепад качеств –  $15-11=4$ . При

таким перепаде достаточно выполнить 2 перехода: с 15-ого до 13-ого и с 13-ого до 11-ого качества, или с 15-ого до 12-ого и с 12-ого до 11-ого.

2.5. Определим трудоемкость механической обработки детали:

$$T_{\text{шт.к.}\Sigma} = \sum T_{n-3_i} = 24,26 \text{ мин.}$$

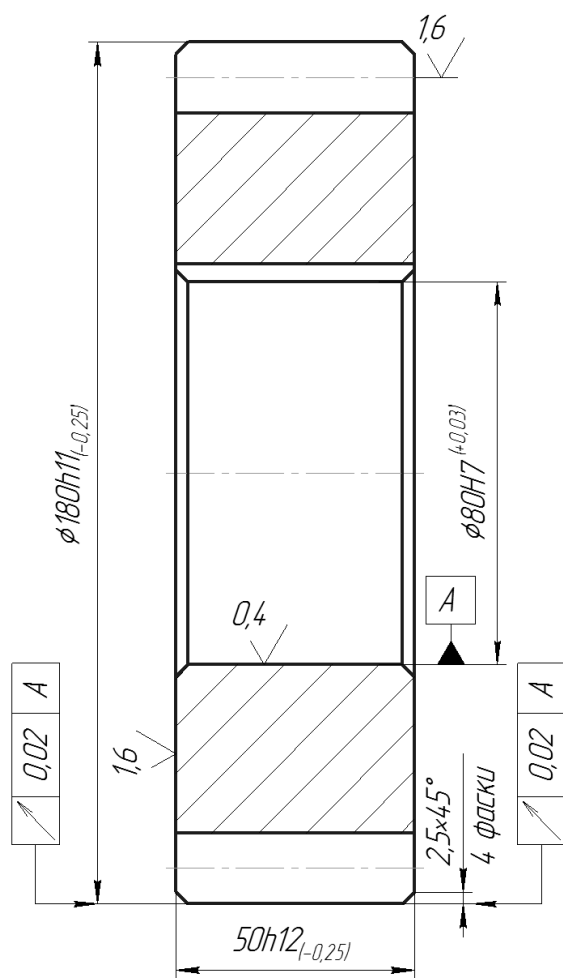


Рис. 2.4. Эскиз детали

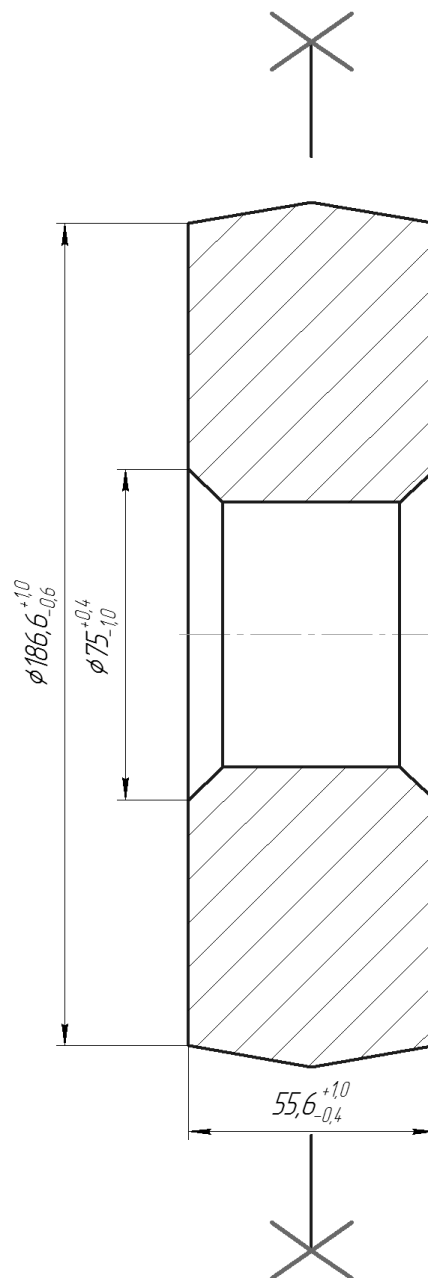


Рис. 2.5. Чертеж заготовки

ГОСТ 3.1118-82 форма 1																																								
Дубл.																																								
Взам.																																								
Подл.																																								
Разраб.																																								
АБВГ																																								
АБВГ.40 6121.006											АБВГ.																													
Зубчатое колесо											10141.0006																													
Н.контр.																																								
М01 Сталь 40Х ГОСТ 4543 - 71																																								
М02																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Код</th> <th>ЕВ</th> <th>МД</th> <th>ЕН</th> <th>Н.расх.</th> <th>КИМ</th> <th>Код загот.</th> <th>Профиль и размеры</th> <th>КД</th> <th>МЗ</th> </tr> <tr> <td>09.4224.XXXX</td> <td>166</td> <td>7,5</td> <td>1</td> <td>11,1</td> <td>0,76</td> <td>41.2003.XXX</td> <td>штамповка кольцо dхhD=187x55x6x75</td> <td>1</td> <td>9,89</td> </tr> </table>																Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ	09.4224.XXXX	166	7,5	1	11,1	0,76	41.2003.XXX	штамповка кольцо dхhD=187x55x6x75	1	9,89					
Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ																															
09.4224.XXXX	166	7,5	1	11,1	0,76	41.2003.XXX	штамповка кольцо dхhD=187x55x6x75	1	9,89																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>А</th> <th>Цех</th> <th>Уч.</th> <th>РМ</th> <th>Опер.</th> <th colspan="5">Код, наименование операции</th> </tr> <tr> <td>Б</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>СМ</td> <td>Проф.</td> <td>Р</td> <td>УГ</td> <td>КР</td> <td>КОИД</td> <td>ЕН</td> <td>Оп</td> <td>Кшт.</td> <td>Пшт.</td> </tr> </table>																А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Б					СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	Оп	Кшт.	Пшт.
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции																																			
Б					СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	Оп	Кшт.	Пшт.																										
Обозначение документа																																								
шт																																								
МШН																																								
A04 05 18 12 005 411 Токарно-револьверная АБВГ.60141.00066; АБВГ.20141.00081																																								
B05 АБВГ.20141.00082; ИОТ - 13 - 84																																								
06 38.131.1406 Токарно-револьверный 2 18236 3 - 1 1 1 100 1 0,45 5,92																																								
07 станок 1В340																																								
08																																								
A09 05 18 12 010 411 Токарно-револьверная АБВГ.60141.00067; АБВГ.20141.00083																																								
B10 АБВГ.20141.00082; ИОТ - 13 - 84																																								
11 38.131.1406 Токарно-револьверный 2 18236 3 - 1 1 1 100 1 0,35 2,85																																								
12 станок 1В340																																								
13																																								
A14 05 18 21 015 4133 Плоскошлифовальная АБВГ.60142.00068; ИОТ - 37 - 83																																								
B15 38.131.2506 Плоско-шлифовальный																																								
16 станок 3Е722 2 18873 4 - 1 6 1 100 1 1,69 3,12																																								
<b>МК</b>			Маршрутная карта																																					

Рис. 2.6. Маршрутный технологический процесс

Дубл. Взам. Подл.	Уч.	Цех	РМ	Опер. Код, наименование, оборудование	СМ	Обозначение документа						шт	МИН	МИН											
						Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП				Клп.	Клп.	Клп.	Клп.							
Наименование детали, сборки или материала																									
01														шт	МИН	МИН									
A02	05	18	21	020	4133	Плоскошлифовальная АБВГ.60142.00068; ИОТ - 37 - 83																			
B03	38.131.2506	Плоско-шлифовальный станок 3Е722													2	18873	4	-	1	6	1	100	1	1,69	3,12
A06	05	18	25	025	4181	Горизонтально-протяжная АБВГ.60143.000 ИОТ - 40 - 83																			
B07	38.131.2506	Горизонтально-протяжной станок 7М22													3	18873	3	-	1	1	1	100	1	0,32	1,05
A10	05	18	27	030	7112	Автоматно-токарная АБВГ.60144.00070; ИОТ - 13 - 83																			
B11	38.131.2506	Токарный автомат 1М240 - 4													3	18873	3	-	1	1	1	100	1	0,32	1,05
A14	05	18	28	035	0190	Слесарная АБВГ.60145.00071; ИОТ - 45 - 83																			
B15	38.131.2506	Слесарный верстак													2	18873	2	-	1	1	1	100	1	1,0	1,0
<b>МК</b>	<b>Маршрутная карта</b>																								

Рис. 2.6. Продолжение

Дубл. Взам. Подл.											3									
	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код.наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР		КОИД	ЕН	ОП	Клт.	Тпз	Тшт.	Н.расх.		
Наименование детали,сб.единицы или материала																				
Обозначение документа																				
Обозначение,код																				
01																шт	мин	мин		
A02	05	18	29	040	4153	Зубофрезерная АБВГ.60146.00072;											ИОТ - 49 - 83			
B03	38.131.2506 Зубофрезерный станок																			
04	5M32 4 18873 3 - 1 1 1 100 1 1,2 5,1																			
05																				
A06	05	18	30	045	4157	Зубошвинговальная АБВГ.60147.00073;											ИОТ - 49 - 83			
B07	38.131.2506 Зубошвинговальный станок																			
08	5P68 4 18873 3 - 1 1 1 100 1 0,32 1,2																			
09																				
A10	05	18	31	050	5130	Электротермическая АБВГ.60148.00074;											ИОТ - 60 - 83			
B11	38.131.2506 Автомат ТВЧ																			
12	5 18873 3 - 1 1 1 100 1																			
13																				
A14	05	18	32	055	4157	Зубохонинговальная АБВГ.60149.00075;											ИОТ - 60 - 83			
B15	38.131.2506 Зубохонинговальный станок																			
16	станок специальный 4 18873 3 - 1 1 1 100 1 0,41 1,5																			
17																				
<b>МК</b>	<b>Маршрутная карта</b>																			

Рис. 2.6. Продолжение

Дубл.																				
Взам.																				
Пол.																				
4																				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Обозначение документа				
Б	Код, наименование, оборудования					Обозначение, код										Кшт.	Тпз	Н, расх.		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала															ЕН	КИ			
01											шт		МЦН		МЦН					
A02	05	18	33	060	7261 Электрохимическая АБВГ.60150.00076;	ИОТ - 75 - 83														
B03	38.131.2506	Ванна Э/Х																		
04						3	18873	3	-	1	100	1	100	1	1					
05																				
A06	05	18	34	065	0130 Моечная АБВГ.60151.00077;	ИОТ - 76 - 83														
B07	38.131.2506	Моечная машина																		
08						4	18873	2	-	1	100	1	100	1	1					
09																				
A10	05	18	35	070	0200 Контрольная АБВГ.60152.00078;	ИОТ - 60 - 83														
B11	38.131.2506	Слесарный верстак																		
12						2	18873	2	-	1	1	1	100	1	1					
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
<b>МК</b>	<b>Маршрутная карта</b>																			

Рис. 2.6. Продолжение



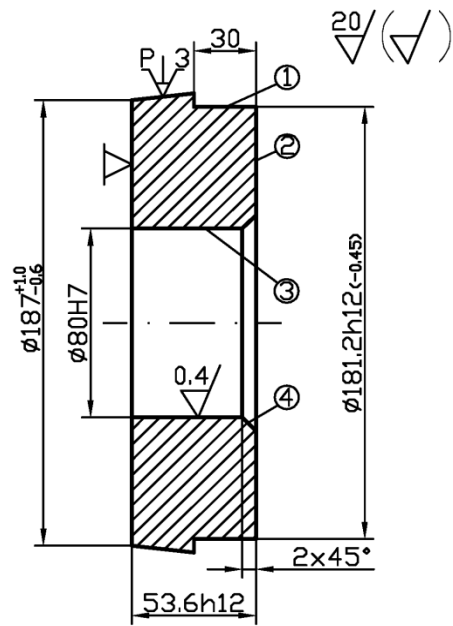


Рис. 2.7. Эскиз обработки

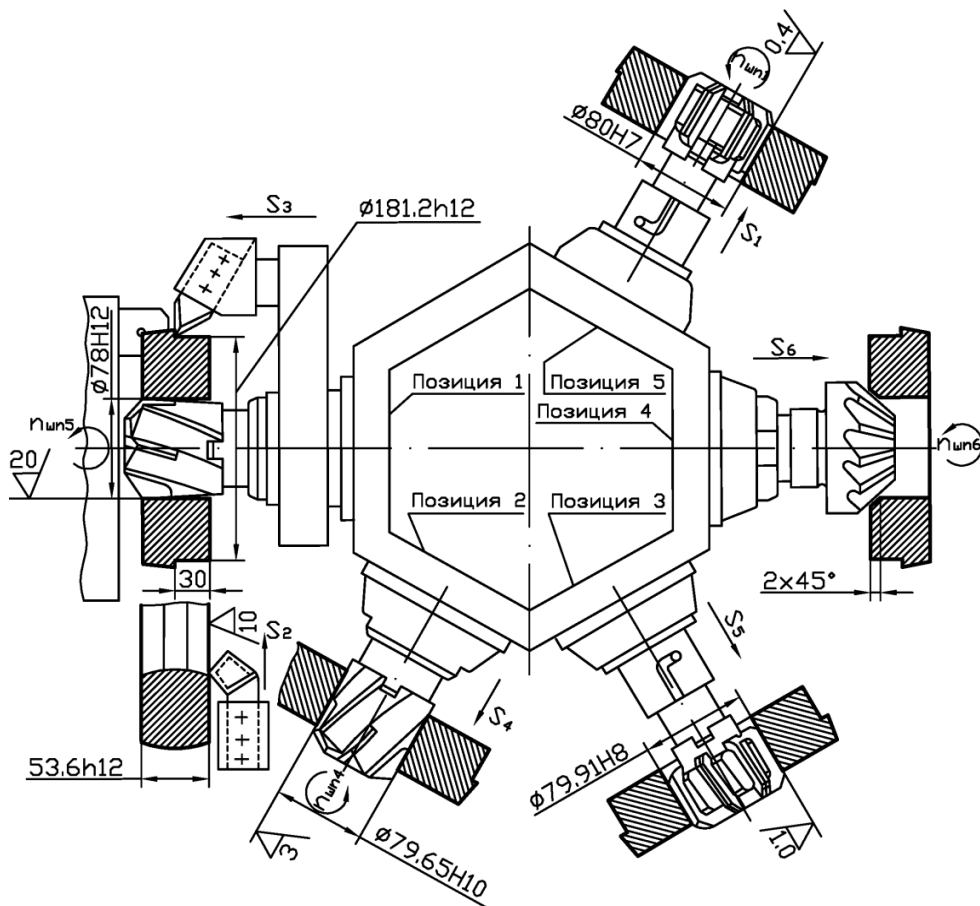


Рис. 2.8. Схема наладки

### 3. Оформление отчета.

В отчете студент приводит чертеж детали, табл. 2.24, для технологического процесса на МК.

### 4. Литература.

### 5. Вопросы для самоконтроля:

#### 5.1. В основу типовой технологии положена классификация:

- технологическая;
- конструкторская;
- экономическая;
- организационная;
- технико-экономическая.

#### 5.2. В каком производстве наиболее эффективна типовая технология:

- единичном;
- мелкосерийном;
- крупносерийном;
- одnorазовых выпусков деталей;
- выпуском деталей неповторяющихся.

5.3. Какие факторы являются результатом использования типовых технологий:

- уменьшается время проектирования;
- уменьшается количество ошибок;
- применяется прогрессивное оборудование;
- применяется прогрессивная оснастка;
- достигается максимальная производительность.

## **2.7. Исследование группового технологического процесса**

Цель работы – изучить пути проектирования групповых технологических процессов и приобрести навыки проектирование одной групповой операции обработки детали.

### **1. Общие сведения.**

При разработке индивидуальных технологических процессов (ИТП далее) в единичном и мелкосерийном производстве у технолога резко ограничены возможности вообще разработки ИТП из-за отсутствия времени, а при разработке ИТП принять решение, о возможности использования высокопроизводительных методов обработки, которые широко применяются в других типах производства, ограничиваются расходами и боязнью не окупить их при малых объемах выпуска.

Обычно решение технолога таково: для относительно простых деталей их обработка ведется на широкоуниверсальных станках с универсальной оснасткой, стандартными инструментами, которые есть в продаже, а разработка ИТП перекладывается на квалифицированных рабочих, которые их естественно, не разрабатывают, а изготавливают детали на основании своего опыта.

В основе групповой технологии лежит объединение (группирование) деталей но общности не только их конструктивного оформления, но и технологических операций и переходов обработки деталей независимо от их назначения, что позволяет в условиях единичного и мелкосерийного производства обрабатывать детали высокопроизводительными методами, характерными для массового и крупносерийного производства.

Создание групповых технологических процессов изготовления деталей базируется на различных методах группирования деталей.

Наибольшее распространение получил метод группирования (классификации) деталей по применяемому для обработки типу оборудования, единству технологического оснащения, общности настройки станков с использованием комплексной детали.

Одним из основных направлений группирования является принцип классификации деталей по видам оборудования. Создаются группы деталей, обрабатываемых на автоматах, revolverных, токарных, фрезерных, сверлильных и других станках.

Группой (операционной) называется совокупность деталей, характеризующаяся при обработке общностью оборудования, оснастки, наладки.

При создании групп принимаются во внимание габариты деталей, так как они определяют тип оборудования и размеры технологической оснастки. Кроме того учитываются: геометрическая форма; общность поверхностей, подлежащих обработке; точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей; однородность заготовок, серийность, экономичность процесса.

При построении групповых процессов механической обработки за основу берется характерная деталь данной группы, называемая комплексной.

Это реальная или условная (искусственно созданная) деталь, содержащая в своей конструкции все основные элементы (поверхности), характерные для деталей данной группы и являющаяся их конструктивно-технологическим представителем.

Образование комплексной реальной детали (это может быть одна из сложных деталей группы) производится в следующей последовательности:

- детали группы располагаются в ряд по степени усложнения;

- все обрабатываемые на данном станке поверхности наиболее простой детали нумеруются порядковыми цифрами, например ① или ②;
- использованные номера присваиваются аналогичным поверхностям всех остальных деталей группы;
- эти же номера присваиваются всем аналогичным поверхностям остальных деталей группы и т.д. до последней детали.

На рис. 2.9 показан ход получения такой комплексной детали, а на рис. 2.10 – выделение реальной комплексной детали.

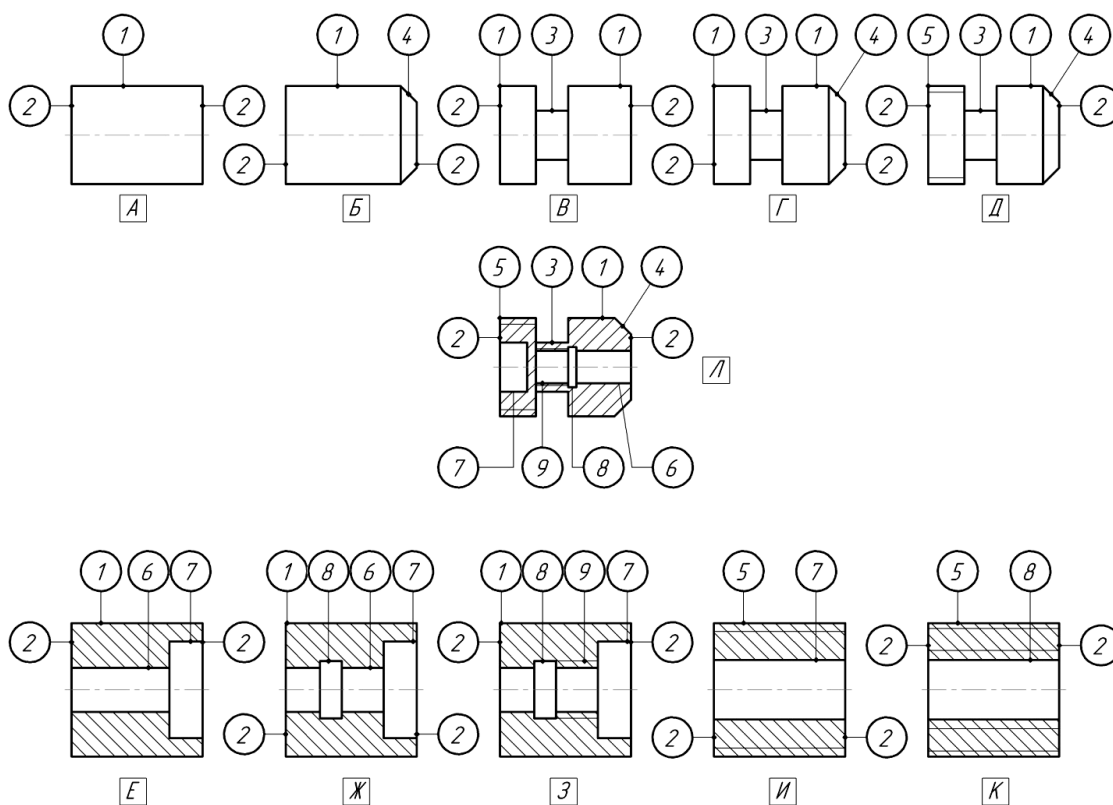


Рис. 2.9. Условная комплексная деталь:

*A – K* – детали группы; *Л* – комплексная деталь

Поверхности: 1 – наружные цилиндрические; 2 – плоские (торцевые); 3 – наружные канавки; 4 – наружные конические поверхности; 5 – наружные резьбовые; 6, 7 – отверстия внутренние цилиндрические; 8 – внутренние канавки; 9 – внутренние резьбовые.

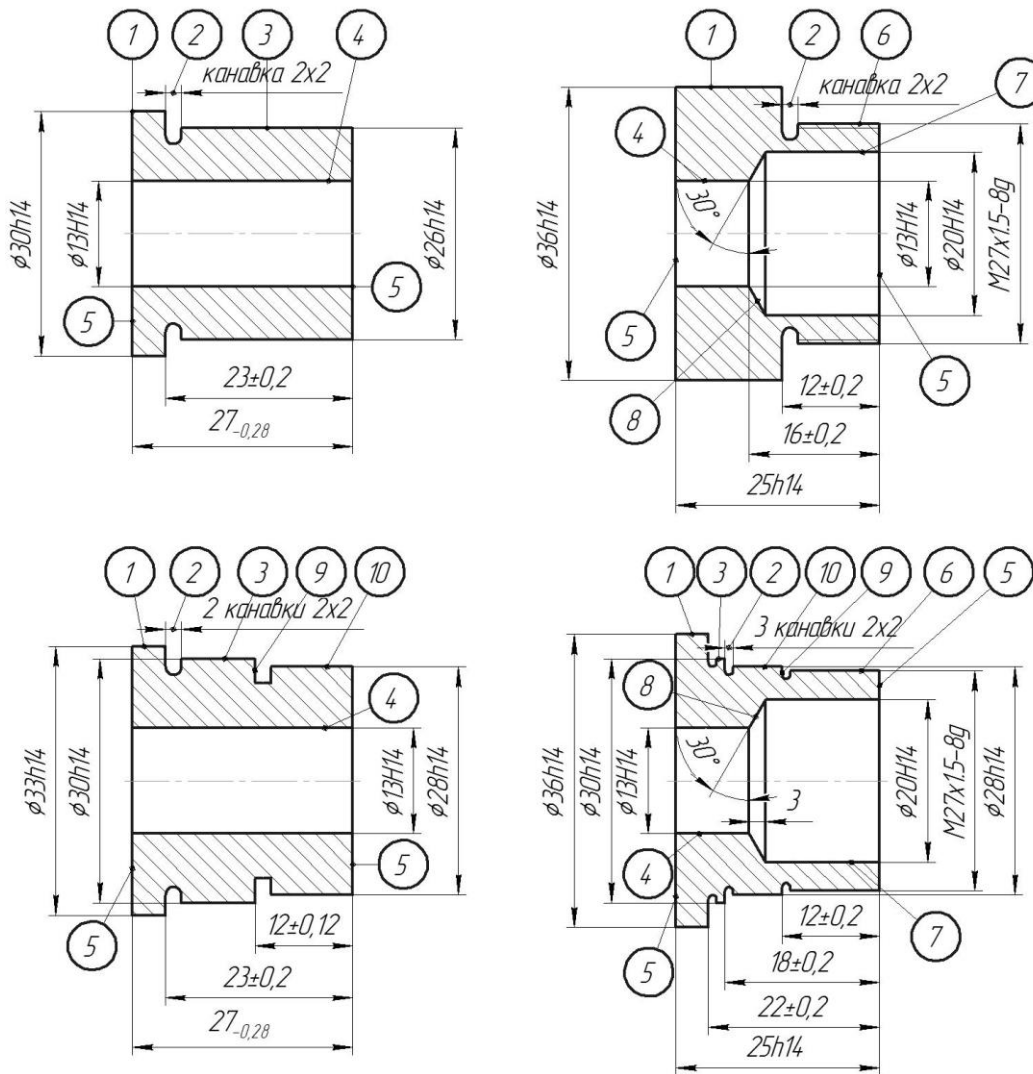


Рис. 2.10. Реальная комплексная деталь

Если в группе обнаруживают деталь, имеющую все пронумерованные поверхности, то она является реальной комплексной деталью. В противном случае, для детали с наибольшим числом обозначенных поверхностей прибавляют элементы с недостающими поверхностями.

Для комплексной детали (для одной из группы в  $n$  штук) проектируется состав переходов на каждой операции ГТП, специальная оснастка и осуществляется наладка станка, что обеспечивает обработку

любой детали данной группы, на каждой операции по разработанному ГТП. Условия и возможности построения операции обработки данной группы деталей в структуре ГТП:

1) если заданная точность всех поверхностей одного индекса одинакова, то последовательность переходов комплексной детали есть последовательность переходов для любой детали группы с пропуском ненужных переходов;

2) если поверхности одного индекса одинаковы по своим размерам, то для любой детали группы не требуется других мерных режущих инструментов (сверл, зенкеров и т.д.) или другой установки инструментов, например, резцов на диаметральные размеры, кроме тех, которые нужны комплексной. По иному говоря, переналадка станка при переходе на другую деталь не нужна;

3) если поверхности одного индекса у деталей группы одинаковы по протяженности, например, расстояние между торцами, то любую деталь группы можно изготовить без переналадки станка на продольные размеры.

При установлении технологических переходов придерживаются таких правил:

1) черновая обработка (большие усилия резания, большие деформации детали) выполняется до чистовой обработки остальных поверхностей;

2) при обработке профильных поверхностей или при накатке рифлений с поперечной подачей (большие радиальные силы резания) эти переходы выполняются до чистовой обработки, а если это почему-то нельзя сделать, то в конце операции одним из последних переходов;

3) нарезание резьбы, как правило – один из последних переходов;

4) если жесткость детали недостаточна, то перед центрованием или сверлением отверстия следует обязательно подрезать торец, т.к. при этом уменьшается увод сверла в момент врезания его в деталь. В остальных случаях подрезание торца может быть и после сверления отверстия.

На примере групп деталей, приведенных на рис. 2.9 и рис. 2.10, можно предположить, что их можно изготавливать на токарных станках, например, на весьма популярных в серийном производстве револьверных станках (ТРС) из прутковой заготовки. Отсюда, порядок переходов токарно-револьверных операций может быть таким (реальная деталь, рис. 2.10):

- 1) подать пруток до упора;
- 2) обточить (подрезать) правый торец;
- 3) сверлить меньшее отверстие;
- 4) рассверлить отверстие;
- 5) обточить наибольший диаметр;
- 6) обточить средний диаметр;
- 7) обточить малый диаметр;
- 8) обточить цилиндр под резьбу;
- 9) нарезать резьбу;
- 10) отрезать деталь в размер.

Примечания. 1) Если на станке имеется восьмипозиционная револьверная головка и поперечный суппорт, то выполнить можно 9 переходов. Следовательно, в нашем случае один или несколько переходов целесообразно совместить, например, рассверливание и обтачивание.

2) Обработку канавок, фасок, выточек можно совместить друг с другом в поперечном суппорте и с одним из переходов от револьверной головки.



3) Переходы нарезания резьбы, накатывание рифлений и развертывание с другими переходами совмещать во времени не рекомендуется.

## 2. Порядок выполнения работы.

2.1. Каждый студент получает задание в виде группы деталей (рис. 2.11 – 2.15).

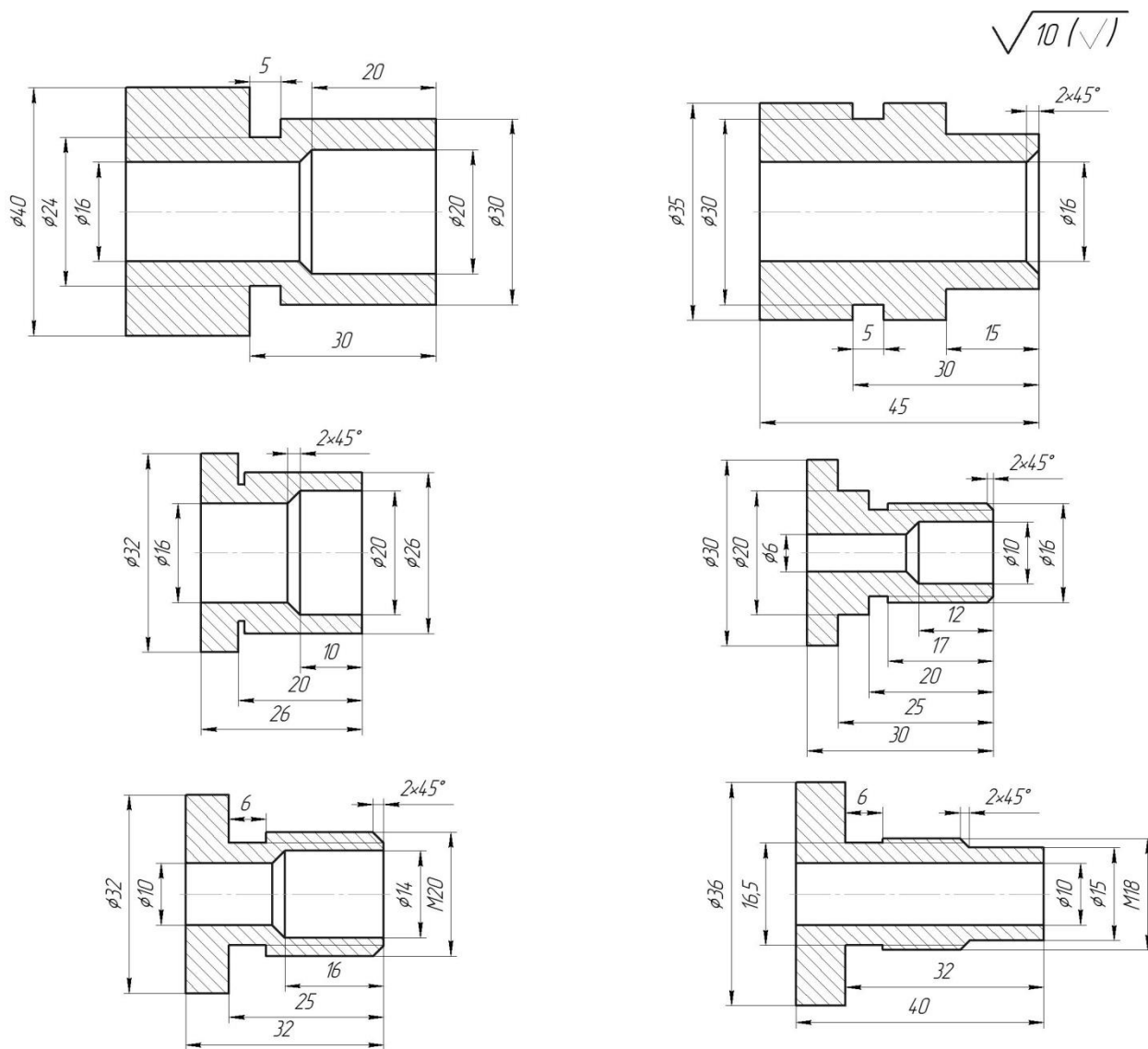


Рис. 2.11. Группа деталей №1. Все размеры по Н14; h14;±1/2 Н14

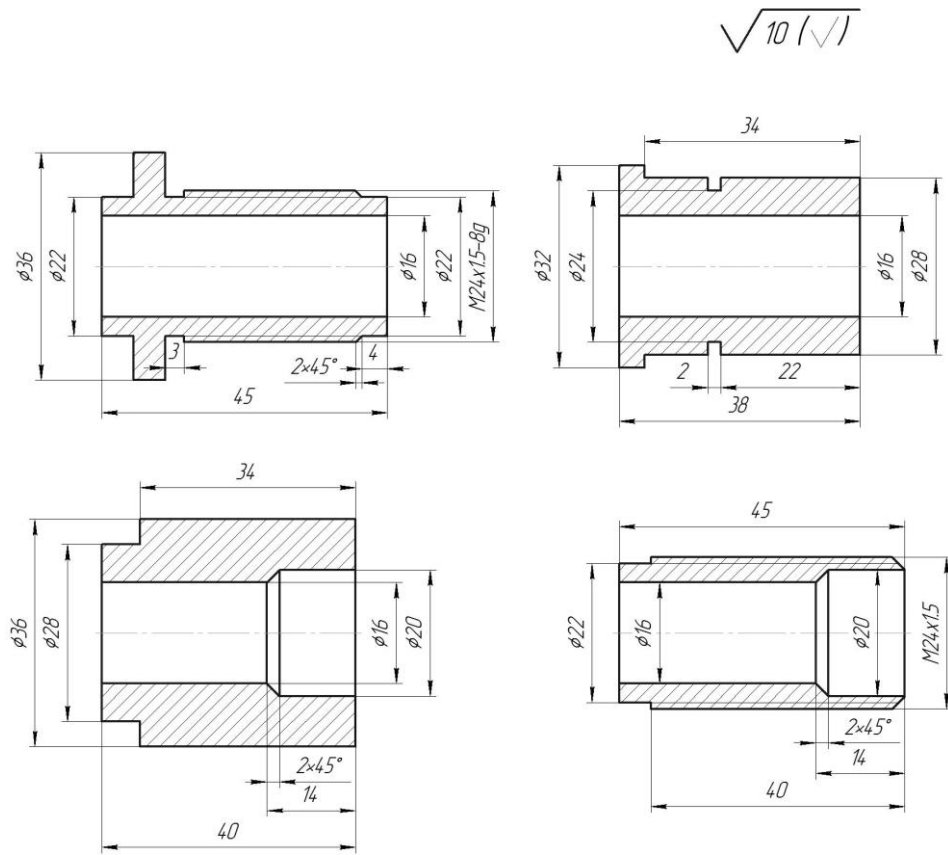


Рис. 2.12. Группа деталей №2. Все размеры по Н14;  $h14; \pm 1/2$  Н14

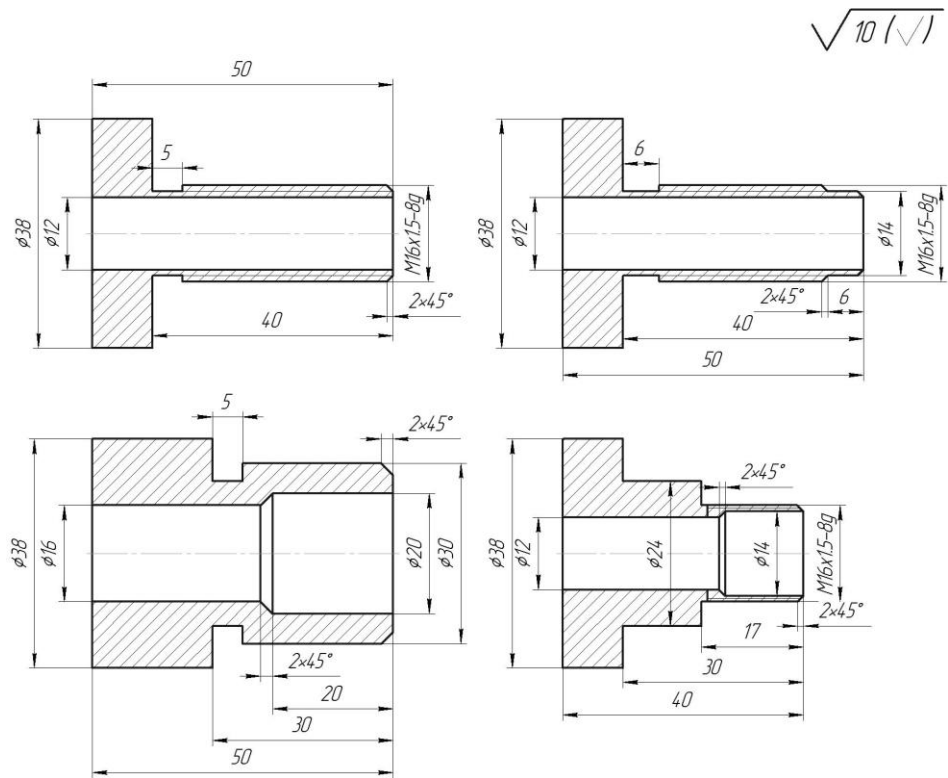


Рис. 2.13. Группа деталей №3. Все размеры по Н14;  $h14; \pm 1/2$  Н14

√10 (✓)

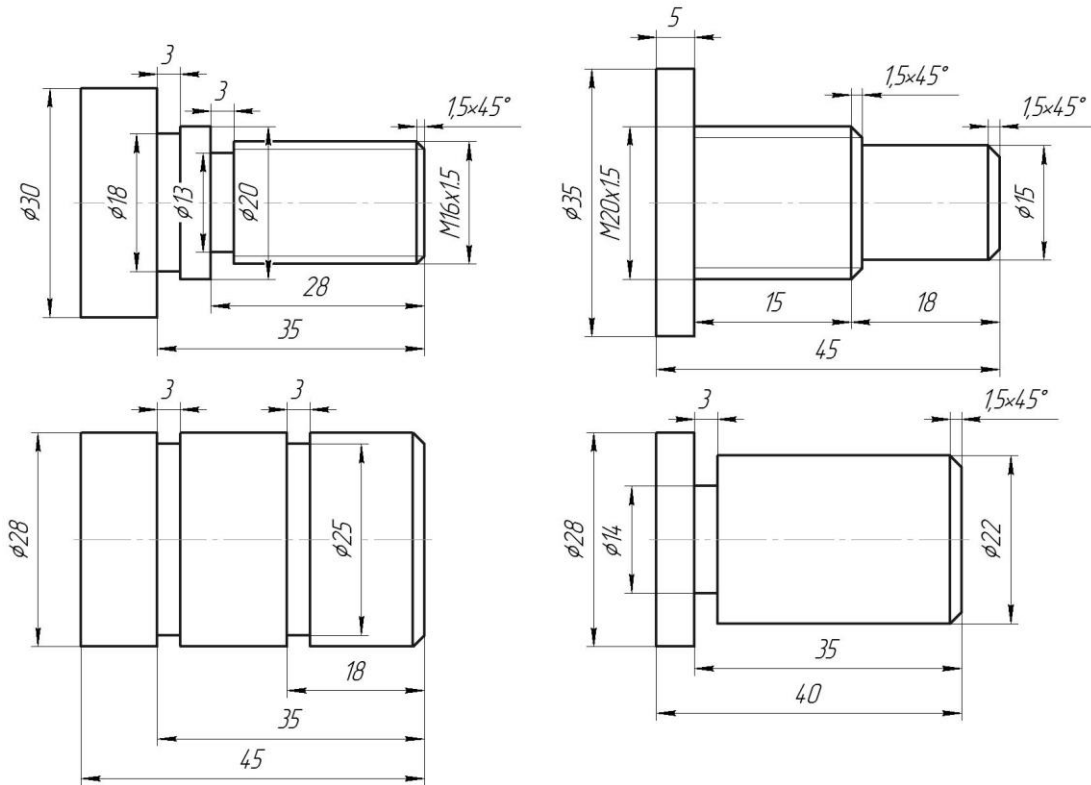


Рис. 2.14. Группа деталей №4. Все размеры по Н14;  $h14; \pm 1/2$  Н14

√10

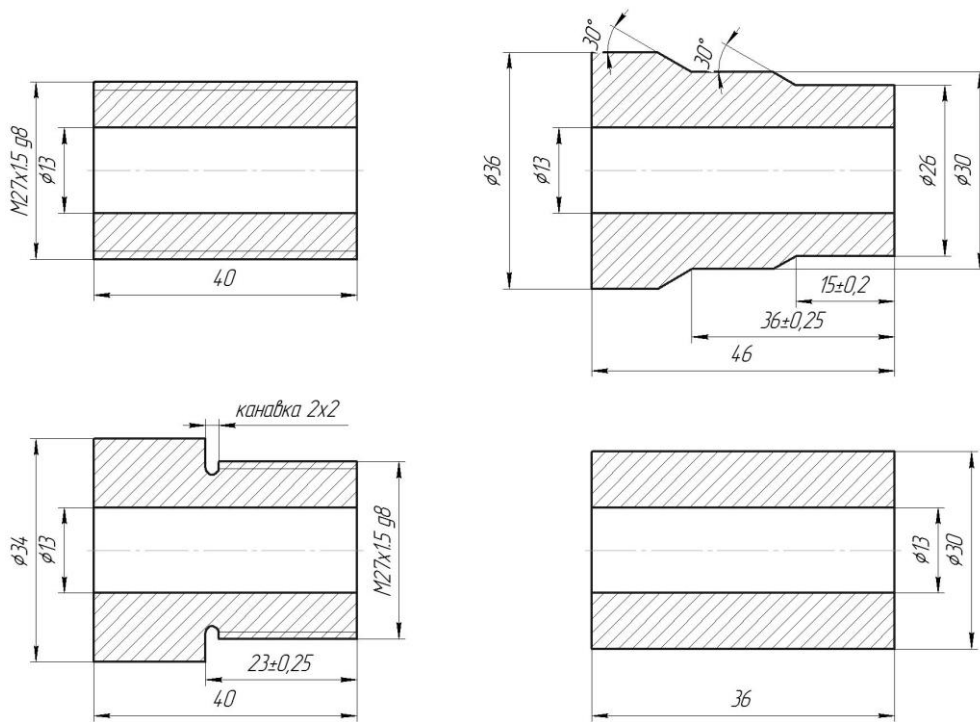


Рис. 2.15. Группа деталей №5. Все размеры по Н14;  $h14; \pm 1/2$  Н14

2.2. Проводится анализ чертежей деталей для образования из них групп по конструктивно-технологическим признакам. Материал у всех деталей групп одинаков.

2.3. В соответствии с ранее указанным порядком разрабатывается условная или реальная комплексная деталь.

2.4. Вычерчивается операционный эскиз комплексной детали (пример из рис. 2.10,г) с обозначением всех обрабатываемых поверхностей (рис. 2.16).

2.5. Разрабатывается порядок переходов в предположении их выполнения на ТРС с восьми позиционной головкой, с указанием размеров, например, 4. Обточить поверхность 1, выдержав размер 12, где цифры 1 – это  $\varnothing 36_{-0,34}$  мм, 12 – размер  $25_{-0,28}$  мм.

2.6. Разрабатывается схема наладки ТРС (пример, рис. 2.16) на обработку комплексной детали.

3. Отчет по работе.

3.1. Чертеж условной комплексной детали.

3.2. Чертеж операционного эскиза токарной операции обработки детали.

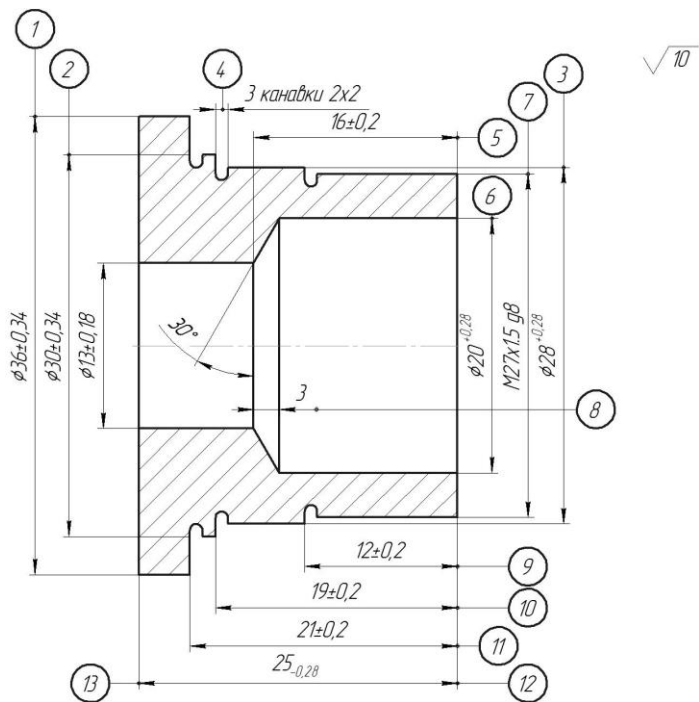
3.3. Структура переходов операции.

4. Литература.

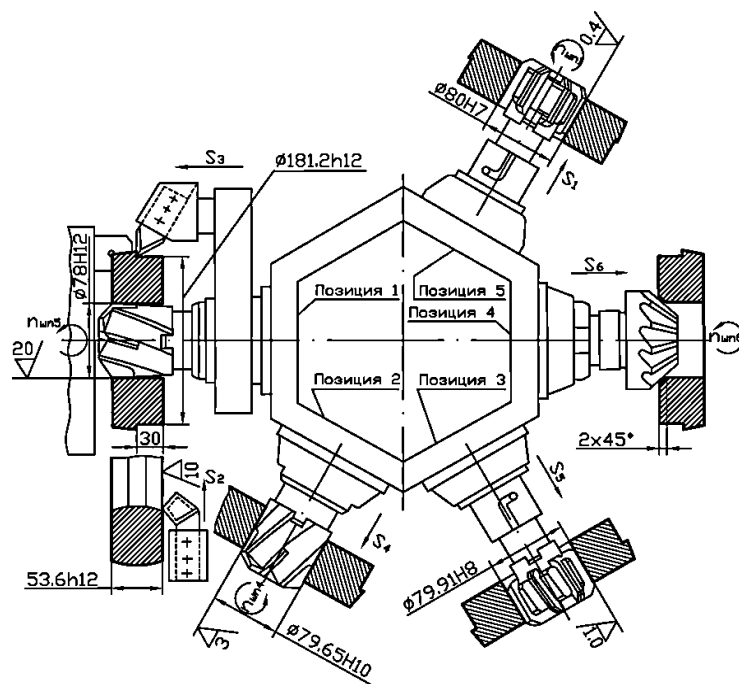
5. Вопросы для самоконтроля.

5.1. Какие детали по показателям, приведенным ниже, могут быть в одной группе:

- одного материала;
- одной точности;
- близкие по габаритам;
- сходные по обрабатываемости;
- с допусками близкими по величине.



а)



б)

Рис. 2.16. Операционный эскиз (а); схема наладки детали (б).

Изображение детали упрощено

5.2. Какая общность положена в основу комплектации групп:

- конструктивная;
- организационная;
- технологическая;
- экономическая;
- технико-экономическая.

5.3. Что объединяет детали групповой операции:

- один инструмент;
- один станок;
- один измеритель;
- один режим;
- один вспомогательный инструмент.

## **2.8. Экономический анализ варианта технологического процесса (операции, метода обработки)**

Цель – научить студента методике определения эффективности принимаемого технологом решения на примере сравнения операции чистового точения и шлифования тел вращения.

### 1. Общие сведения.

Оценка технико-экономической эффективности технологического процесса, метода обработки или отдельной операции в сравнении с другим вариантом (прототипом) ведется путем сопоставления полной себестоимости  $C_n$  или неполной, т.е. цеховой себестоимости  $C_T$ :

$$C_n = C_1 + C_2 + \dots + C_i \text{ грн,} \quad (2.30)$$

где  $C_1$  и т. д. – составные части.

$$C_T = C_M + C_3 + C_H \text{ грн.} \quad (2.31)$$

где  $C_M$  – затраты на материалы, грн;

$C_3$  – зарплата основных производственных работников;

$C_n$  – цеховые накладные расходы.

Упрощенный вариант определения цеховой себестоимости  $C_T$  можно выразить и по-другому:

$$C_T = A \cdot T, \text{ грн}, \quad (2.32)$$

где  $A$  – стоимость 1 мин работы соответствующего оборудования в грн;

$T$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Значения  $C_T$  технологу определить легче и быстрее при относительно малом объеме информации о сравниваемых вариантах. Полная себестоимость  $C_n$  обычно может быть определена при устоявшемся процессе, а  $C_T$  можно определить на стадии проектирования процесса, да, и в справочной литературе имеется информация о величине  $A$  для наиболее часто используемых процессов и, соответственно, оборудовании.

Применительно к реальному объекту (деталь машины – стакан) проведем сравнение 2-х операций из разных технологических процессов с одинаковым конечным результатом по точности и шероховатости поверхности по формуле (2). Минимальное значение  $C_T$  какого-либо варианта из двух рассматриваемых – повод выбрать его в качестве рабочего варианта, но не приговор:

$$C_M = M_3 \cdot S_M - M_{отх} \cdot S_{отх}, \text{ грн}. \quad (2.33)$$

где  $M_3$  – масса заготовки, кг;

$M_{отх}$  – масса отходов при производстве заготовки, кг;

$S_M, S_{отх}$  – стоимость 1 кг материала данной марки (или группы) и стоимость 1 кг отходов (при условии несмешиваемости марок материала) по данным «Вторресурсов»:

$$C_3 = T_{шт-к} \cdot Z_{тор.р.} \text{ грн}, \quad (2.34)$$

где  $T_{шт-к}$  – штучно-калькуляционное время обработки, мин;  
 $Z_{тар,р}$  – тарифная ставка рабочего данного разряда, грн/мин.

$$C_H = C_{н.а.} + C_{н.ст.} + C_{н.пр.} + C_{н.и.} + C_{н.э} + C_{н.д} \text{ грн,} \quad (2.35)$$

где  $C_{н.а.}$  – амортизация оборудования, грн.

$$C_{н.а.} = \frac{d \cdot S_{см} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_r \cdot m \cdot \eta_э} \text{ грн,} \quad (2.36)$$

где  $d$  – отчисления на амортизацию станка от его балансовой стоимости  $S_{см}$  в год, %;

$S_{см}$  – балансовая стоимость станка (складывается из отпускной цены станка, затрат на доставку и его монтажа), грн;

$F_r$  – годовой фонд времени работы станка в 1 смену, час;

$m$  – число рабочих смен в сутки, шт;

$\eta_э$  – коэффициент загрузки станка по времени.

Величину  $d$  для станков массой до 10 т с лезвийным инструментом принимают в 11 %, с абразивным инструментом  $d = 14$  %, для агрегатных и специальных  $d = 16$  %.

Затраты на доставку и монтаж станка примерно равны 10 % от  $S_{см}$ .

Расходы на эксплуатацию станка (в грн) определяются:

$$C_{н.ст} = \frac{\beta \cdot S_{см} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_r \cdot m \cdot \eta_э}, \quad (2.37)$$

где  $\beta = (4,5 - 5)\%$  от балансовой стоимости  $S_{см}$ , расходуемые на ремонт, осмотры и проверки в течение года;

$C_{н.пр}$  – расходы на амортизацию и ремонт приспособлений, применяемых на этом этапе, грн:

$$C_{н.пр} = \frac{(\gamma + \delta) \cdot S_{пр}}{N}; \quad (2.38)$$

$S_{пр}$  – стоимость приспособления, грн.;



$\gamma$  – процент амортизации равен  $(50 - 33 \%) \cdot S_{np}$ , при сроке службы приспособления в 2 – 3 года;

$\delta = (5 - 15) \cdot S_{np}$  – расходы на ремонт приспособления за год работы;

$N$  – годовой объем деталей, обрабатываемых в этом приспособлении;

$C_{н.и}$  – расходы на амортизацию режущих инструментов, задействованных в рассматриваемом событии:

$$C_{н.и} = \left( \frac{130 \cdot S_u}{T_{cm} (n_{зам} + 1)} \right) \cdot T_0 ; \quad (2.39)$$

$S_u$  – стоимость инструмента;

$T_{cm}$  – время стойкости между двумя переточками, мин;

$n_{зан}$  – число переточек, шт;

$T_0$  – основное время, мин.

$C_{н.э}$  – затраты на силовую электроэнергию, расходуемую на данном этапе, грн:

$$C_{н.э} = (0,25 \cdot (T_{ум.-к} - T_0) \cdot N_y + 0,55 \cdot N_y \cdot T_0) \cdot S_K / 60 ; \quad (2.40)$$

$N_y$  – установленная мощность электродвигателей станка, кВт;

$S_k$  – стоимость 1 кВт/час силовой электроэнергии, грн;

$C_{н.д}$  – расходы на доплаты и начисления на основную зарплату, грн:

$$C_{н.д} = C_z \cdot \left( \frac{\rho}{100} + \frac{\tau}{100} \cdot \left( 1 + \frac{\rho}{100} \right) \right) ; \quad (2.41)$$

$\rho = (10 \div 20) \%$  – доплаты к зарплате;

$\tau = (6,5 \div 8,1) \%$  – начисления.

Если один из рассматриваемых вариантов, допустим второй, требует применения более дорогостоящего оборудования или приспособления, то необходимо определить срок их окупаемости  $R$  (лет):

$$R = \frac{S_{cm.2} - S_{cm.1}}{(C_{m1} - C_{m2}) \cdot N} \text{ – для станков;} \quad (2.42)$$

$$R = \frac{S_{\text{кр.2}} - S_{\text{кр.1}}}{(C_{m1} - C_{m2}) \cdot N} - \text{для приспособлений.} \quad (2.43)$$

Приемлемыми считают сроки окупаемости для металлорежущих станков до 5 лет, а для приспособлений – не более 2 – 3 лет.

## 2. Порядок работы.

Как было сказано выше, объектом работы является деталь “стакан” (рис. 2.17), которая может быть обработана по поверхности Ø65h8 по двум вариантам: первый – на токарном станке 16К20Ф3; второй – на круглошлифовальном станке 3М161, схема наладки которых приведена на рис. 2.18. Варианты заданий даны в табл. 2.25.

### 2.1. Определим затраты на материал:

$$C_m = M_z \cdot S_m - M_{\text{отх.}} \cdot S_{\text{отх.}}, \text{ грн. (формула (2.33)).}$$

2.2. Определим зарплату основных производственных рабочих на обработку 1 детали:

$$C_z = T_{\text{шт-к}} \cdot Z_{\text{тар.р}}, \text{ грн. (формула (2.34)).}$$

### 2.3. Определим амортизацию оборудования:

$$C_{\text{н.а.}} = \frac{d \cdot S_{\text{см}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_r \cdot m \cdot \eta_3}, \text{ грн. (формула (2.36)).}$$

### 2.4. Определим расходы на эксплуатацию станка:

$$C_{\text{н.ст}} = \frac{\beta \cdot S_{\text{см}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_r \cdot m \cdot \eta_3}, \text{ грн. (формула (2.37)).}$$

### 2.5. Определим расходы на амортизацию и ремонт приспособлений:

$$C_{\text{н.пр.}} = \frac{(\gamma + \delta) \cdot S_{\text{пр.}}}{N}, \text{ грн. (формула (2.38)).}$$

### 2.6. Определим расходы на амортизацию режущих инструментов:

$$C_{\text{н.и}} = \left( \frac{130 \cdot S_u}{T_{\text{см}} (n_{\text{зам}} + 1)} \right) \cdot T_o, \text{ грн (формула (2.39)).}$$

### 2.7. Определим затраты на силовую электроэнергию:

$$C_{HЭ} = (0,25 \cdot (T_{шт-к} - T_0) \cdot H_y + 0,55 \cdot H_y \cdot T_0) \cdot S_k / 60, \text{ грн. (формула (2.40))}.$$

2.8. Определим расходы на доплаты и начисления на основную зарплату:

$$C_{н.д.} = C_з \cdot \left( \frac{\rho}{100} + \frac{\tau}{100} \cdot \left( 1 + \frac{\rho}{100} \right) \right), \text{ грн. (формула (2.42))}.$$

2.9. Определим цеховые накладные расходы:

$$C_n = C_{н.а.} + C_{н.см} + C_{н.пр} + C_{н.и.} + C_{н.э.} + C_{н.д.}, \text{ грн. (формула (2.35))}.$$

2.10. Определим цеховую себестоимость:

$$C_m = C_m + C_з + C_n, \text{ грн. (формула (2.31))}.$$

Пункты 2.1 – 2.10 повторяем для двух рассматриваемых вариантов, допустим, станков 16К20Ф3 и 3М161, чтобы получить, в конечном счете, две величины  $C_{m1}$  и  $C_{m2}$ .

2.11. Определим срок окупаемости станка:

$$R = \frac{S_{см.2} - S_{см.1}}{(C_{m1} - C_{m2}) \cdot N}, \text{ лет (формула (2.42))}.$$

2.12. Сравним полученный срок  $R$  с нормативным сроком, и примем решение о целесообразности этой замены.

2.13. Зададимся вариантом задания №1 и проведем цифровой расчет.

2.13.1. Найдем  $C_m = 3,09 \cdot 6 - 1,19 \cdot 1,2 = 17,11$  грн.

2.13.2. Найдем  $C_{з1} = 9,39 \cdot 1,5 = 13,94$  грн.;  $C_{з2} = 13,68 \cdot 1,5 = 20,52$  грн.

2.13.3. Определим:

$$C_{н.а1} = \frac{11 \cdot 80000 \cdot 9,29}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 45 \text{ коп.} = 0,45 \text{ грн.};$$

$$C_{н.а2} = \frac{14 \cdot 60000 \cdot 13,68}{60 \cdot 4029 \cdot 0,92} = 51,67 \text{ коп.} = 0,52 \text{ грн.}$$

2.13.4. Определим:

$$C_{н.см.1} = \frac{4,5 \cdot 80000 \cdot 9,29}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 18,45 \text{ коп.} = 0,18 \text{ грн.};$$

$$C_{н.ст.1} = \frac{4,5 \cdot 60000 \cdot 13,68}{60 \cdot 4029 \cdot 0,92} = 16,6 \text{ коп.} = 0,17 \text{ грн.}$$

2.13.5. Определим:

$$C_{н.пр.1} = \frac{(33+5) \cdot 800}{5000} = 6,08 \text{ коп.} = 0,06 \text{ грн.};$$

$$C_{н.пр.1} = \frac{(33+5) \cdot 800}{5000} = 6,08 \text{ коп.} = 0,06 \text{ грн.}$$

2.13.6. Найдем:

$$C_{н.у.1} = \left( \frac{130 \cdot 20}{60 \cdot (10+1)} \right) \cdot 7,86 = 31 \text{ коп.} = 0,31 \text{ грн.};$$

$$C_{н.у.1} = \left( \frac{130 \cdot 60}{20 \cdot (310+1)} \right) \cdot 10,74 = 13,5 \text{ коп.} = 0,135 \text{ грн.}$$

2.13.7. Определим:

$$C_{н.э1} = (0,25 \cdot (9,29 - 7,86) \cdot 14 + 0,55 \cdot 14 \cdot 7,86) \cdot 62/60 = 67,7 \text{ коп.} = 0,68 \text{ грн.};$$

$$C_{н.э2} = (0,25 \cdot (13,68 - 10,74) \cdot 20 + 0,55 \cdot 20 \cdot 10,74) \cdot 62/60 = 320 \text{ коп.} = 3,2 \text{ грн.}$$

2.13.8. Определим:

$$C_{н.д.1} = 13,94 \cdot \left( \frac{18}{100} + \frac{7}{100} \cdot \left( 1 + \frac{18}{100} \right) \right) = 3,66 \text{ грн.};$$

$$C_{н.д.2} = 20,52 \cdot \left( \frac{18}{100} + \frac{7}{100} \cdot \left( 1 + \frac{18}{100} \right) \right) = 5,39 \text{ грн.}$$

2.13.9. Определим:

$$C_{H_1} = 0,45 + 0,18 + 0,06 + 0,81 + 0,68 + 3,66 = 5,34 \text{ грн.};$$

$$C_{H_1} = 0,52 + 0,17 + 0,06 + 0,41 + 3,2 + 5,39 = 9,48 \text{ грн.}$$

2.13.10. Найдем

$$C_{m1} = 17,11 + 13,94 + 5,34 = 36,4 \text{ грн.};$$

$$C_{m2} = 17,11 + 20,52 + 9,48 = 47,1 \text{ грн.}$$

В связи с тем, что  $C_1 < C_2$  по себестоимости обработка на станке 16К20Ф3 выгоднее.

2.13.11. Определим  $R$ :

$$R = \frac{80000 - 60000}{(47,1 - 36,4) \cdot 5000} = 0,37 \text{ года.}$$

Вывод: выбор станка 16К20Ф3 выгоден в сравнении с использованием станка 3М161.

2.14. Каждый студент получает задание из табл. 2.25 и выполняет цикл расчетов аналогично п. 2.13, затем делает свои выводы.

3. Отчет о работе. В отчете студент приводит схемы наладки 2-х вариантов и расчетные данные по  $C_M$ ,  $C_z$ ,  $C_{\text{н}}$ ,  $C_m$  и  $R$ , и делает выводы.

4. Литература.

5. Вопрос для самоконтроля.

5.1. Цеховая себестоимость  $C_T$  включает параметр  $A$ . Это

- стоимость 1 кг материала;
- стоимость 1 часа работы станка;
- стоимость 1 кВт энергии;
- стоимость 1 кв. м площади;
- стоимость режущих инструментов.

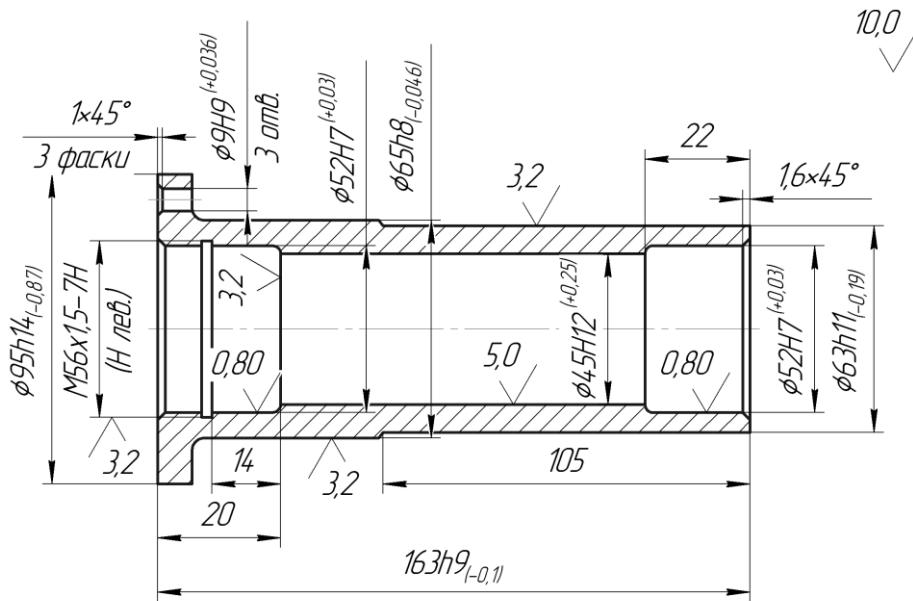
5.2. Затраты на материалы  $C_M$  зависят от

- массы отходов;
- стоимости единицы массы материала;
- массы заготовки;
- стоимость единицы массы отходов;
- не зависит от перечня приведенного выше.

Таблица 2.25

## Варианты заданий

Наименование	Номер варианта							
	1		2		3		4	
	16К20 Ф3	3М161	16К20 Ф3	3М161	16К20 Ф3	3М161	16К20 Ф3	3М161
Годовая программа выпуска $N$ , шт.	5000		10000		4500		6350	
Масса заготовки $M$ , кг	3,09		4,5		3,37		3,25	
Цена 1 кг материала $C_M$ , грн.	6		6,4		6,0		6,4	
Масса отходов $Q$ , кг	1,19		0,7		1,2		1,35	
Цена 1 кг отходов $C_o$ , грн.	1,2		1,2		1,2		0,3	
Штучно-калькуляционное время на операцию $T$ , мин	9,29	13,68	9,65	12,03	12,9	13,68	12,03	13,68
Зарплата за 1 мин $Z_M$ , грн.	1,5		1,9	2	2	2,2	2,7	3
$\sum T_{шт-к.}$ , мин	244,3	248,7	224,6	227	242,9	243,7	252,6	253,3
$\sum Z_M$ , грн.	19		15,3	15,6	18	18,2	19	19,3
Стоимость станка $S_b$ , грн.	80000	60000	70000	65000	65000	60000	80000	76000
Годовой фонд времени станка $F_z$ , час	4029	4029	3890	4029	4029		4029	
Количество смен $m$	2		2		2		2	
Коэффициент загрузки станка, $\eta_z$	0,75	0,92	0,75	0,75	0,92	0,75	0,75	0,92
Стоимость приспособления $S_{np}$ , грн.	800	800	1410	1410	1310	1290	1315	1320
Цена 1 кВт·ч электроэнергии, коп.	62		62		62		62	
Основное время, $T_o$ , мин.	7,86	10,74	7,86	10,5	10,3	10,74	10,5	10,74
Мощность электродвигателя, $N_v$ , кВт·час	14	20	10	13	11	14	11	9



1. Неуказанные допуски H14; h14;  $\pm_{h14}^{H14}$ ;
2. HRC3 35;
3. Хим. окс. пром.

Рис. 2.17. Чертеж детали (Стакан)

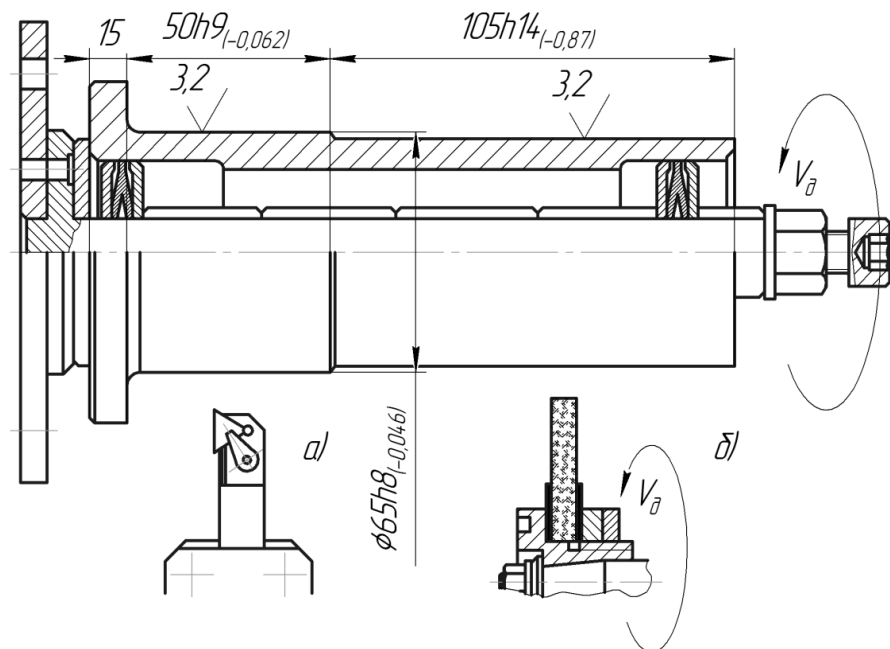


Рис. 2.18. Наладка на операцию: токарную (а); круглошлифовальную (б)

## 2.9. Выбор наиболее экономичного варианта технологического процесса (операции)

Цель работы: исследовать методы оценки экономичности варианта технологического процесса и научить студента вести обоснование вариантов при выборе процесса (операции).

### 1. Общие сведения.

Существующие технологические процессы изготовления деталей используют в своей основе технологические решения прошлых лет, даже весьма эффективные по меркам того периода времени.

Физический и моральный износ оборудования и оснастки требуют их замены в действующем и вновь проектируемом производстве на новое более производительное, совершенное, менее энергозатратное и т.д.

Проблема состоит в том, что существующее оборудование, допустим, менее производительное, но дешевое, а новое – более производительное, однако более дорогое (это может быть более энергозатратное, с ручным вариантом управления, а не автоматическим, т.е. более трудоемкое, и др.). В конечном счете, все другие версии можно привести к затратам денег, а сумма денег не снижается в сравнении с прошлым, поэтому наше предположение о более дорогом варианте (новом) абсолютно достоверно.

Ответ на этот вопрос: что выбрать? Лежит в основе оценки экономической целесообразности дополнительных вложений.

Допустим, что себестоимость годового выпуска  $C_1$ , грн/год на действующем оборудовании с капитальными вложениями  $K_1$ , грн. Новый вариант будет иметь  $C_2$ , грн/год и  $K_2$ , грн, при этом  $C_1 > C_2$ , а  $K_1 < K_2$ .



Определим эффективность  $E$ :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (2.44)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – себестоимость годового припуска по 1 и 2 варианту, грн/год;  
 $K_1, K_2$  – капитальные затраты на реализацию процессов, грн.

Под  $K_1$  и  $K_2$  нужно понимать балансовую стоимость, например, станка, грн. В балансовую стоимость входит отпускная цена станка и затраты на транспортирование и монтаж станка, обычно составляющие 10 % от его цены:  $S_{бал} = S_{см} \cdot 1,1$

$$C_1 \text{ и } C_2 = (C_{T1} \text{ или } C_{T2}) \cdot N,$$

где  $N$  – годовой выпуск изделий шт.;

$C_{T1}, C_{T2}$  – себестоимость процесса первого и второго вариантов (возможно, это будут операции двух процессов), грн/год.;

$$C_{T1}, C_{T2} = \sum C_{Ti};$$

$\sum C_{Ti}$  – сумма себестоимости всех операций процесса, грн/год.

В машиностроении для этой оценки применяют нормативный коэффициент экономической эффективности  $E_H$ , который определяет минимальную величину годовой экономии на себестоимости продукции на 1 гривну дополнительных капитальных затрат. Обычно

$$E_H = 0,2 \frac{\text{грн}}{\text{грн. кап. затр}}.$$

Величина  $1/E_H$  дает срок окупаемости вложенных денег и при  $E_H = 0,2$ , он равен 5 лет или менее для станков и другого универсального оборудования. Для приспособлений  $E_H = 0,35 \dots 0,5 \frac{\text{грн}}{\text{грн. кап. затрат}}$  и срок окупаемости – 2 – 3 года. Годовая экономия от нового решения будет:  
 $\mathcal{E} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N$ , грн. (2).

В данной работе используем метод определения составляющих себестоимости  $C_m$ ,  $C_z$  и  $C_n$ , который был подробно рассмотрен ранее в работе №2.8, но для других условий, часто встречающихся в практике технологов.

К этим условиям можно отнести, например, такие: на заводе выпускают серийно какую-то продукцию, например, вентиляторы, каждую деталь изготавливают по определенному технологическому процессу. Возникает потребность рынка в вентиляторах и появляется заказ на увеличение объема выпуска при жестких сроках поставки. Анализ существующего процесса одной из деталей – крышки – показывает, что для увеличения программы выпуска на 2-х операциях – токарно-револьверной и вертикально-сверлильной необходимо удвоить число рабочих мест или же заменить эти две операции одной – обработкой на многошпиндельном токарном станке 1284Г5, при этом стоимость двух станков по прежнему процессу меньше стоимости нового варианта: в нашей версии 16000 и 5000 грн, т.е. 21000 грн и 100000 грн. по новому варианту. Целесообразно ли выбирать более дорогостоящее оборудование и делать такую замену?

## 2. Порядок выполнения работы:

2.1. Варианты заданий приведены в табл. 2.26 и каждый студент в начале задания получает свой вариант.

2.2. Зададимся реальным объектом: крышка вентилятора из сплава АЛ-3В массой 6,5 кг, годовой программой 10000 штук. Заготовка – отливка в кокиль массой 6,75 кг. Действующий процесс ведется на станках 1П365 и 2Н118, предполагаемый (для анализа) вариант на вертикальном токарном восьмишпиндельном полуавтомате 1284Б. Основные показатели двух техпроцессов приведены в табл. 2.27 в разделе «Исходные данные».

Так как стоимость заготовки  $C_3$  в обоих вариантах не изменилась, то ее величину из анализа исключаем, а остальные значения после расчета по формулам (3)...(12) работы №2,8 приведем в разделе «Расчетные данные» табл. 2.27.

2.3. Определяем срок окупаемости для станка  $R_{CT} = \frac{S_{CT1} - S_{CT2}}{(C_2 - C_2) \cdot N}$ , лет.

2.4. Определим срок окупаемости приспособления  $R_{np} = \frac{S_{np1} - S_{np2}}{(C_{T1} - C_{T2}) \cdot N}$ , лет.

2.5. Определим ожидаемую годовую экономию  $\Delta_T = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N$ , грн.

Сделаем выводы.

2.6. На примере варианта № 1 сделаем цифровой расчет полученных значений.

2.6.1. Определим  $C_3$ :

$$C_{31} = 0,125 \cdot 1,22 = 0,153 \text{ грн}; \quad C_{32} = 0,125 \cdot 18,3 = 2,29 \text{ грн};$$

$$C_{32} = 0,1 \cdot 8,34 = 0,834 \text{ грн.}$$

2.6.2. Определим  $C_{HD}$ :

$$C_{HD1} = 0,153 \left[ \frac{17,5}{100} + \frac{7,5}{100} \cdot \left( 1 + \frac{17,5}{100} \right) \right] = 0,04 \text{ грн};$$

$$C_{HD2} = 2,29 \left[ \frac{17,5}{100} + \frac{7,5}{100} \cdot \left( 1 + \frac{17,5}{100} \right) \right] = 0,6 \text{ грн};$$

$$C_{HD1} = 0,834 \left[ \frac{17,5}{100} + \frac{7,5}{100} \cdot \left( 1 + \frac{17,5}{100} \right) \right] = 0,22 \text{ грн.}$$

2.6.3. Определим  $C_{HA}$ :

$$C_{HA1} = \frac{11 \cdot 10000 \cdot 1,1 \cdot 1,22}{60 \cdot 3950 \cdot 0,75} = 8,3 \text{ грн}; \quad C_{HA2} = \frac{11 \cdot 16000 \cdot 1,1 \cdot 18,3}{60 \cdot 3950 \cdot 0,97} = 15,41 \text{ грн};$$

$$C_{HA2} = \frac{11 \cdot 5000 \cdot 1,1 \cdot 8,34}{60 \cdot 3950 \cdot 0,92} = 2,31 \text{ грн.}$$

2.6.4. Определим  $C_{HCT1}$ :  $C_{HCT1} = \frac{5 \cdot 100000 \cdot 1,1 \cdot 1,22}{60 \cdot 3950 \cdot 0,75} = 3,8 \text{ грн};$

$$C_{H_{CT2}} = \frac{5 \cdot 16000 \cdot 1,1 \cdot 18,3}{60 \cdot 3950 \cdot 0,97} = 7 \text{ грн}; \quad C_{H_{CT3}} = \frac{5 \cdot 5000 \cdot 1,1 \cdot 8,34}{60 \cdot 3950 \cdot 0,92} = 1,05 \text{ грн.}$$

2.6.5. Найдем  $C_H$ :

$$C_{H_{np1}} = \frac{(26+10) \cdot 800}{10000} = 2,88 \text{ грн}; \quad C_{H_{np2}} = \frac{(26+10) \cdot 500}{10000} = 1,8 \text{ грн.}$$

2.6.6. Определим  $C_{Hu}$ :  $C_{Hu1} = \left( \frac{130 \cdot 140}{60 \cdot 11} \right) \cdot 1,1 = 0,3 \text{ грн};$

$$C_{Hu2} = \left( \frac{130 \cdot 20}{60 \cdot 11} \right) \cdot 15,6 = 0,61 \text{ грн}; \quad C_{Hu3} = \left( \frac{130 \cdot 20}{60 \cdot 11} \right) \cdot 7,08 = 0,28 \text{ грн.}$$

2.6.7. Определяем  $C_{H3}$ :

$$C_{H31} = [0,25(1,22 - 1,1) \cdot 20 + 0,55 \cdot 20 \cdot 1,1] \frac{0,62}{60} = 0,13 \text{ грн};$$

$$C_{H32} = [0,25(18,3 - 15,6) \cdot 14 + 0,55 \cdot 14 \cdot 15,5] \frac{0,62}{60} = 1,34 \text{ грн};$$

$$C_{H33} = [0,25(8,34 - 7,08) \cdot 2,8 + 0,55 \cdot 2,8 \cdot 7,08] \frac{0,62}{60} = 0,12 \text{ грн.}$$

2.6.8. Определим  $C_H$ :

$$C_{H1} = 0,04 + 8,3 + 3,8 + 2,88 + 0,3 + 0,13 = 15,45 \text{ грн};$$

$$C_{H2} = 0,6 + 15,41 + 7 + 1,8 + 0,61 + 1,34 = 26,76 \text{ грн};$$

$$C_{H3} = 0,22 + 2,31 + 1,05 + 1,8 + 0,28 + 0,12 = 5,78 \text{ грн.}$$

2.6.9. Определим  $C_3 + C_H$ :

$$C_{31} + C_{H1} = 0,153 + 15,45 = 15,6 \text{ грн}; \quad C_{32} + C_{H2} = 2,29 + 26,76 = 29,05 \text{ грн};$$

$$C_{33} + C_{H3} = 0,834 + 5,78 = 6,61 \text{ грн.}$$

2.6.10. Определяем срок окупаемости  $R$ :

$$R_{CT} = \frac{100000 - (16000 + 5000)}{(29,05 + 6,61 - 15,6) \cdot 10000} \approx 0,4 \text{ года};$$

$$R_{CT} = \frac{1000 - 800}{(29,05 + 6,61 - 15,6) \cdot 10000} \approx 0,001 \text{ года.}$$

Предлагаемая замена станков 1П365 и 2Н118 на 1284Б целесообразна и эффективна, имеет малый срок окупаемости.

Таблица 2.27

## Показатели в вариантах технологического процесса

№	Наименование	Вариант		
		<i>I</i>	<i>II</i>	
		Станок 1284 Б	Станок 1П 365	Станок 2Н118
Исходные данные				
1.	Стоимость станка, грн.	100 000	16 000	5000
2.	Стоимость приспособления, грн.	800	500	500
3.	$T_{ум}$ , мин,	1,22	18,3	8,34
4.	$T_0$ , мин,	1,1	15,6	7,08
5.	Время работы инструментов, мин			
	–резцы проходные Т15К6 16x25 мм	4,91	5,5	-
	–сверла Р6М5 Ø11 мм	0,32	-	-
	–сверла Р6М5 Ø8,4 мм	0,24	-	-
	–зенковка Р6М5 Ø26 мм	0,032	-	0,5
	–зенкер сборный Т15К6 Ø39,2 мм	0,37	-	-
	–зенкер сборный Т15К6 Ø47,7 мм	0,25	-	-
	–зенкер сборный Т15К6 Ø58,8 мм	0,08	-	-
6.	Разряд работы	3	3	2
7.	Минутная ставка станочника грн./мин	0,125	0,125	0,1
8.	Мощность э/дв. кВт	20	14	2,8
9.	Коэффициент загрузки	0,75	0,97	0,92
Расчетные данные				
10.	Зарплата станочника, грн.	0,153	2,29	0,834
11.	Должностные начисления, грн.	0,04	0,6	0,22
12.	Амортизация станков, грн.	8,3	15,41	2,31
13.	Расходы на эксплуатацию станка, грн.	3,8	7,0	1,05
14.	Амортизация приспособлений, грн.	2,9	1,8	1,8
15.	Расходы на электроэнергию, грн.	0,13	1,34	0,12
16.	Расходы на Р.П., грн.	0,3	0,61	0,28
Итого: технологическая себестоимость, грн		15,6	29,05	6,61

## Содержание заданий

№	Наименование показателя	Вариант заданий			
		№1		№2	
н/и		Ст-к 1284Б	Ст-ки ІІ 365 2Н118	Ст-к 1284Б	Ст-ки ІІ 365 2НШ
1	$T$ , мин	1,22	18,3+834	1,83	18,3+8,34
2	$T_0$ , мин		15,6+7,08	1,6	15,6+7,08
3	Стоимость приспособления, грн.	800	500+500	2400	500+500

## 3. Отчет о работе.

В отчете студент приводит данные расчетов (по обоим вариантам):  $C_3$ ,  $C_{нд}$ ,  $C_n$ ,  $C_3 + C_n$ ,  $R$  и делает вывод о целесообразности выбора.

## 4. Литература [7; 8].

## 5. Вопросы для самоконтроля.

5.1. Нормативный коэффициент  $E_n$  принимают равным:

- 0,5
- 0,4
- 0,3
- 0,2
- 0,1.

## 5.2. К капитальным затратам относят затраты на покупку

- оборудования;
- режущего инструмента;
- заготовок;
- смазочно-охлаждающих сред;
- мерителей.

### 3. РАЗДЕЛ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ

#### 3.1. Сборка сборочной единицы с использованием методов пригонки и регулирования

Цель работы – ознакомиться с методами достижения точности замыкающего звена при сборке, и освоить на практике метод пригонки и регулирования.

##### 1. Общие сведения.

Точность замыкающего звена размерной цепи при сборке может быть достигнута одним из следующих методов: полной, неполной и групповой взаимозаменяемости, пригонкой и регулированием. Выбор метода производится при разработке конструкции изделия, так как это связано с установлением допусков составляющих звеньев размерной цепи, а также применением в сборочных единицах определенных конструктивных элементов.

Для анализа методов достижения точности замыкающего звена при сборке используют следующие формулы. Номинальные размеры замыкающего звена  $A_0$  и составляющих звеньев  $A_j$   $A_i$  связаны между собой:

$$A_0 = \sum_{j=1}^n A_j - \sum_{i=1}^m A_i \quad (3.1)$$

где  $n, m$  – количество увеличивающих  $A_j$  и уменьшающих  $A_i$  звеньев.

Расположение полей допусков относительно номинальных размеров звеньев, и предельные отклонения определяются независимо от метода расчета размерной цепи. Координата середины поля допуска замыкающего звена связана с координатами середин полей допусков составляющих звеньев  $E_c A_j$ , уравнением:

$$E_C A_0 = \sum_{j=1}^{n+m} E_C A_j. \quad (3.2)$$

Предельные отклонения размера любого звена размерной цепи определяются по формулам:

$$\text{верхнее} - E_s A_j = E_C A_j + T A_j / 2; \quad (3.3)$$

$$\text{нижнее} - E_i A_j = E_C A_j - T A_j / 2. \quad (3.4)$$

Так как в серийном производстве в процессе сборки широко применяют метод пригонки и регулирования, то мы в нашей работе остановимся на них. При методе пригонки наибольшая возможная компенсация  $TA_K$  и поправка  $VK$  к координате середины поля допуска компенсирующего звена определяются по формулам:

$$TA_K = TA'_0 - TA_0; \quad (3.5)$$

$$VK = TA_K / 2 + \sum_{j=1}^{n+m} E_C A_j - E_C A_0, \quad (3.6)$$

где  $TA_0$  – возможный допуск замыкающего звена, получаемый по методу максимум-минимум при назначении экономически достижимых допусков на все составляющие звенья.

При методе регулирования определяют число ступеней компенсатора  $N$  для случая, когда допуск на изготовление компенсатора очень мал по сравнению с допуском замыкающего звена:

$$N = T \cdot A'_0 / T \cdot A_0 \quad \text{или} \quad N = T \cdot A_K / T \cdot A_0 + 1. \quad (3.7)$$

Число ступеней компенсатора с учетом погрешностей компенсаторов  $TA_{ком}$ :

$$N = T \cdot A'_0 / (T \cdot A_0 - T \cdot A_{ком}). \quad (3.8)$$

Поправка к координате середины поля допуска составляющего звена при условии совмещения нижних границ допусков замыкающих звеньев

$$VK' = T \cdot A_K / 2 - E_C \cdot A'_0 + E_C \cdot A_0, \quad (3.9)$$



где  $E_c A'_0$  – координата середины поля допуска  $TA'_0$  замыкающего звена;

$E_c A_0$  – координата середины поля допуска звена  $A_0$ .

Степень компенсации

$$C = T \cdot A_0 - T \cdot A_{\text{ком}} . \quad (3.10)$$

2. Порядок выполнения работы.

2.1. Достижение точности сборки методом пригонки:

1) построить схему размерной цепи сборочной единицы (рис. 3.1) и выбрать компенсирующее звено для осуществления метода пригонки;

2) определить наибольшее значение компенсации (3.5), координату середины поля допуска и предельные отклонения компенсирующего звена (3.2), (3.3). Результаты расчетов занести в отчет.

2.2. Сравнение себестоимости методов.

При использовании методов пригонки и регулирования в конструкцию изделия вводится специальная деталь-компенсатор, размеры которой могут изменяться при сборке путем удаления определенного слоя металла пригонкой (в чертежах сборочной единицы или изделия указывается по каким поверхностям производится пригонка) или регулироваться при сборке (с помощью винтовой пары, набором прокладок разной или одинаковой толщины и т.п.). Сделаем расчет: затраты времени при сборке методами пригонки и регулирования компенсаторов.

Метод пригонки. В нашем случае необходимо сделать пригонку на 1 мм:

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{ит}}(1\text{сб.}) + T_{\text{ит.комп}} + T_{\text{ит}}(2\text{сб.}), \quad (3.11)$$

где  $T_{\text{ит}}(1\text{сб.}) = T_{\text{о.сб}} + T_{\text{в.сб}} + T_{\text{орг.тех.сб.}} + T_{\text{отд.сб.}}$  – время, затраченное при первой сборке изделия (значения берем из справочника, подставляем эти значения и получаем:  $T_{\text{ит}}(1\text{сб.}) = 1,75$  мин);

$T_{шт.компл.}$  – штучное время на изготовление компенсатора.

Определим:

$$T_{шт.компл.} = T_{осн.компл.} \cdot K_{шт.}; \quad (3.12)$$

$$T_{осн.компл.} = (L_0 \cdot i) / S_m \cdot (z/t),$$

где  $T_{осн.компл.}$  – основное время изготовления компенсатора, мин;

$L_0$  – расчетная длина обработки,  $(L_0 = L_{II} + L_B + L + L_{CX}) = 200$  мм;

$i$  – количество проходов;

$S_m$  – минутная подача;

$z$  – величина снимаемого припуска;

$t$  – глубина резания;

$$K_{шт.} = T_{осн.компл.} / T_{шт.компл.} = 0,4.$$

Отсюда:

$$K_{шт.} = T_{осн.компл.} / K_{шт.} = 2,5 \cdot T_{шт.компл.}$$

Подставим значения в формулу (2.2):

$$T_{осн.компл.} = (0,2 \cdot 25) / 20 \cdot (1/0,03) = 8,25 \text{ мин};$$

$$T_{шт.компл.} = 2,5 \cdot 8,25 = 20,63 \text{ мин};$$

$T_{шт.}(2сб.) = 1,75$  мин – время, затраченное при второй сборке детали.

Таким образом,  $T_{общ.} = 1,75 + 20,63 + 1,75 = 24,13$  мин.

Регулируемая сборка:

$$T_{общ.} = T_{шт.сб.} + T_{рег.} + T_{шт.(рег.компл.)}$$

где  $T_{шт.сб.}$  – время, затраченное при сборке единицы (примем 1,75 мин);

$T_{рег.}$  – время на изготовление компенсатора (при этом будем два раза развинчивать компенсатор, измерять, а затем два раза свинчивать, т.е.

$$T_{рег.} = 0,2 \cdot 4 + 0,3 = 1,1 \text{ мин});$$

$T_{\text{шт.}(рег.комт.)}$  – время, затраченное на сборку компенсатора  
( $T_{\text{шт.}(рег.комт.)} = 2,45$  мин).

Таким образом,  $T_{\text{общ}} = 1,75 + 1,1 + 2,45 = 5,3$  мин.

Себестоимость методов находим по формуле:

$$C_T = A \cdot T_{\text{шт.к.}} + C_{\text{пер.}}, \quad (3.13)$$

где  $A$  – стоимость станкоочаса работы сборщика второго разряда (составляет 15 грн/час или 0,25 грн/мин);

$C_{\text{пер.}}$  – себестоимость компенсатора, грн;

$T_{\text{шт.к.}}$  – затраченное время при сборке каждого метода, мин.

Известно, что средняя стоимость деталей сложной формы или высокой точности составляет  $C = 45$  грн/кг. Исходя из этого, найдем стоимость компенсатора для пригонки (рис. 2.1):

$$C_{K_1} = M_{K_1} \cdot C. \quad (3.14)$$

Подставим значения в формулу (3.13):

$$C_{K_1} = (4 \cdot 3 \cdot 0,3 - 1 \cdot 2 \cdot 0,3 - 3,14 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 0,5) \cdot 7,8 \cdot 45 / 1000 = 1,3 \text{ грн.}$$

Если предположить, что регулируемый свинчиваемый компенсатор состоит из 3-х деталей, по массе каждой равной обычному, тогда:

$$C_{K_2} = C_{K_1} \cdot 3. \quad (3.15)$$

Исходя из этого, получим:

$$C_{K_2} = 1,3 \cdot 3 = 3,9 \text{ грн.}$$

Подставляем значения в формулу (2.3):

$$\text{пригонка} - C_T = 0,25 + 24,13 + 1,3 = 7,34 \text{ грн};$$

$$\text{регулировка} - C_T = 0,25 \cdot 5,3 + 3,9 = 5,22 \text{ грн.}$$

2.3. Ход работы: 1) Получить задание на работу у преподавателя и по табл. 3.1 сделать расчеты.

2) Собрать несколько комплектов сборочных единиц (количество определяет преподаватель, обеспечив заданную точность замыкающих звеньев методом регулирования 2 – 4 мм с использованием неподвижных компенсаторов) и замерять время при этом по формуле (3.13). Результаты занести в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Варианты заданий

№ задания	$L_0$ , м	$i$	$S_m$ , м/мин	$t$ , мм	$z$ , мм	$T_0$ , мин
1	200	25	20	0,03	2	
2	200	25	20	0,03	3	
3	200	25	20	0,03	4	
4	200	25	10	0,03	2	
5	200	25	10	0,03	3	

3) Прodelать п. 2, используя подвижный компенсатор с набором прокладок разной или одинаковой толщины, и замерять время.

4) Сравнить время, затраченное при каждом методе, и посчитать себестоимость методов по формуле (3.13).

5) Провести анализ полученных результатов и составить отчет о проделанной работе.

3. Содержание отчета:

- 1) название работы;
- 2) краткое содержание задания;
- 3) эскиз сборочной единицы с размерами;
- 4) расчетная часть (таблица результатов расчета);
- 5) выводы.

4. Литература [3; 8].

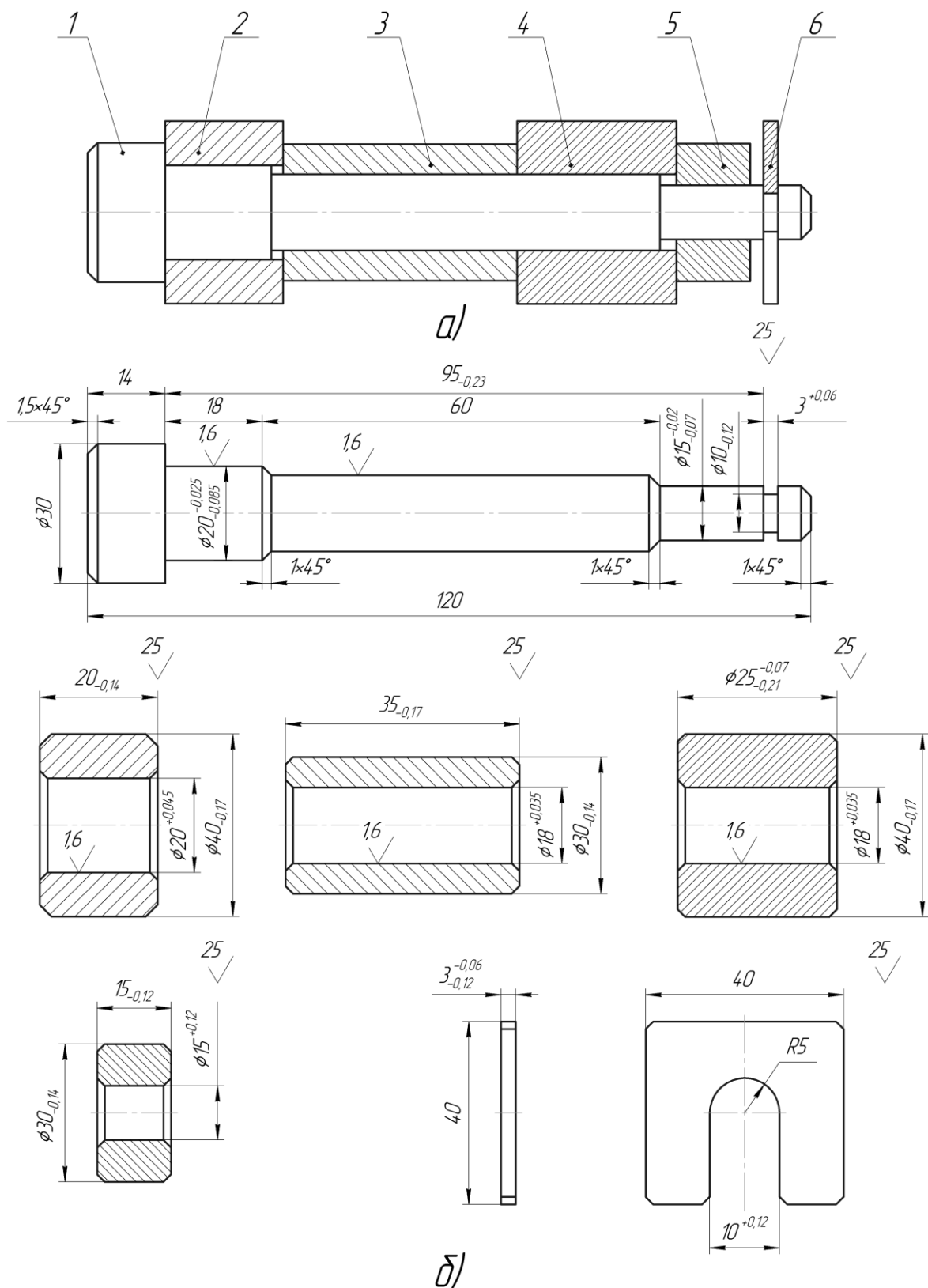


Рис. 3.1. Сборочный чертеж (а) и чертежи деталей (б)

5. Вопросы для самоконтроля.

5.1. Метод пригонки включает в себя:

- сборку сборочной единицы;
- разборку сборочной единицы;
- изготовление компенсатора;
- измерения;
- повторную сборку.

5.2. Метод сборки с регулируемым компенсатором включает в себя:

- повторную сборку;
- разработку чертежа;
- регулировку компенсатора;
- изготовление компенсатора
- изготовление документации.

### **3.2. Разработка технологической схемы сборки**

Цель работы – ознакомление с методикой разработки технологической схемы сборки несложного изделия и основам проектирования технологического процесса сборки.

1. Общие сведения.

Технологический процесс сборки машины или механизма является завершающей частью разработки производственного процесса изготовления машиностроительной продукции и составляет важную часть технологической подготовки производства.

Структурно технологический процесс сборки сходен с технологическими процессами механической обработки деталей и также

делится на операции, которые, в свою очередь, включают установки, позиции и переходы.

Место сборки в производстве машин приведено в табл. 3.2 и там же показано, что сборка на 75 – 80 % выполняется вручную, т.е. является весьма трудоемкой, поэтому при проектировании технологических процессов сборки необходимо предусматривать возможную механизацию и автоматизацию процессов.

Таблица 3.2

Место сборки в производстве машин

№	Отрасли машиностроения	Объем сборки в общей трудоемкости изготовления машины, %	Состав сборочных работ	
			Механизированных	Ручных
1	Автомобилестроение	18-20	30-35	70-65
2	Тракторостроение	20-25	25-30	75-70
3	Дорожное машиностроение	15-30	15-20	85-80
4	Станкостроение	20-25	20-25	80-75
5	Электромашиностроение	35-40	20-22	80-78

Напомним, что процесс сборки состоит из ряда работ:

- подготовительные (расконсервация, мойка, сортировка по группам, укладка в тару и другие);

- пригоночные (опиливание и зачистка, шабрение, притирка или доводка, полирование, правка, механообработка лезвийным и абразивным инструментом и другие);

- собственно-сборочные (установка, свинчивание, запрессовка, склеивание и другие);

- регулирование;

- контрольные;

- испытания;
- демонтажные.

Наибольший удельный вес в 100 % всех работ при сборке имеют подготовительные и пригоночные 20 – 25 %, собственно-сборочные – до 45 % и контрольные – до 12 %.

В соответствии с ГОСТ23887-89 «Сборка. Термины и определения» для составления схемы сборки следует пройти несколько этапов.

I этап – анализ исходных данных по объекту сборки, в ходе которого выясняют наименование объекта сборки, его назначение, краткое описание его состава, устройства, принципа действия, массы, габаритных размеров, содержания технических требований, объема выпускаемых изделий в год.

II этап – расчленение объекта сборки на сборочные единицы разных порядков. Напомним, что сборочная единица I порядка состоит только из деталей, а II и более высоких – из сборочных единиц и деталей.

III этап – выявление сборочной единицы, которая будет принята за базовую (при единице первого порядка выявляют базовую деталь).

IV этап – разрабатывают схему сборки. На этой схеме приняты следующие обозначения: вертикальные линии со стрелками обозначают последовательность сборки сборочных единиц, а горизонтальная линия в центре схемы – общую сборку изделия. В прямоугольниках помещают наименования деталей и номера их позиций, а в прямоугольниках с утолщенными линиями – наименование сборочных единиц, а с двумя утолщенными линиями – наименование изделия. Условные обозначения, содержащие технологические указания: Ст – сборка на стенде; Вр – сборка на верстаке; К – кантование; В – выверка; С – сверлильные работы; Конт – контроль; И – испытания; ОК – окраска изделия и другие.



## 2. Порядок выполнения работы.

2.1. Каждый студент получает из «Атласа деталей машин и механизмов» сборочный чертеж из 15–20 деталей, в котором кроме графического материала приведена спецификация, ТУ и описание работы, а так же годовая программа выпуска  $N$ , шт/год (рис. 3.2 – 3.8).

2.2. Выполняется анализ исходных данных объекта сборки.

2.3. Объект расчленяют на сборочные единицы разных порядков и находят базовую. Если объект – сборочная единица первого порядка, то выявляют базовую деталь.

2.4. Составляют схему сборки.

2.5. На примере сборочной единицы “цилиндр пневматический качающийся” (рис. 3.2), используемый в станочных приспособлениях в качестве силового агрегата, рассмотрим путь составления схемы сборки. Объем выпуска  $N = 10000$  штук в год.

### 2.5.1. Анализ.

Пневматический качающийся цилиндр используется в станочных приспособлениях. К его крышкам от воздухораспределительного крана подходят оканчивающиеся штуцерами шланги, по одному из которых подводят сжатый воздух, а по второму сжатый воздух выпускается в атмосферу. Под действием сжатого воздуха поршень со штоком совершает перемещения. Для предотвращения утечки сжатого воздуха предусмотрены резиновые прокладки и кольца (рис 3.2, поз. 6, 4, 8). Неподвижное соединение деталей осуществлено болтами, шпильками и гайками (рис. 3.2, поз. 10, 11, 12). Состав объекта представлен в табл. 3.3 и на рис. 3.2.

2.5.2. Из рассмотрения сборочного чертежа и произведенного нами технологического анализа конструкции изделия представилась возможность на основе расчленения изделия выявить сборочные единицы

первого порядка, которыми оказались: корпус со шпильками (5 и 11); поршнештоковый узел в составе поршня (3), колец (4), штока (9) и гайки (14); крышка передняя с кольцами (7 и 8); крышка задняя в сборе с фланцем и болтами (1, 2, 10).

Таблица 3.3

Спецификация изделия цилиндр пневматический катающийся

№ поз. детали	Наименование детали	Число деталей	№ позиции детали	Наименование детали	Число деталей
1	Фланец	1	8	Кольцо	2
2	Крышка	1	9	Шток	1
3	Поршень	1	10	Болт М10х38	4
4	Кольцо	2	11	Шпилька М12х42	8
5	Цилиндр	1	12	Гайка М12	8
6	Прокладка	2	13	Шайба М12	8
7	Крышка	1	14	Гайка М20	1

2.5.3. Из рассмотренных сборочных единиц роль базовой выполняет 1-я сборочная единица: корпус в сборе со шпильками. Оставшиеся детали – прокладки (6), шайбы и гайки (12 и 13) – служат для соединения сборочных единиц и участвуют в общей сборке объекта.

В каждой сборочной единице имеется своя базовая деталь: Сб1 – корпус; Сб2 – поршень; Сб3 – крышка передняя; Сб4 – крышка задняя.

2.5.4. На рис. 3.3 показана составленная нами схема сборки. Из заданного годового выпуска 10000 штук можно предположить, что это производство – серийное или крупносерийное. Как известно, в серийном и массовом производстве используют поточную сборку с расчленением объекта сборки на узловую и общую сборку. Это может быть сборка со свободным ритмом, и для организации такой сборки необходимо 5 рабочих мест: 4 – по сборке Сб1 – Сб4 и 1 общая – узловая сборка.

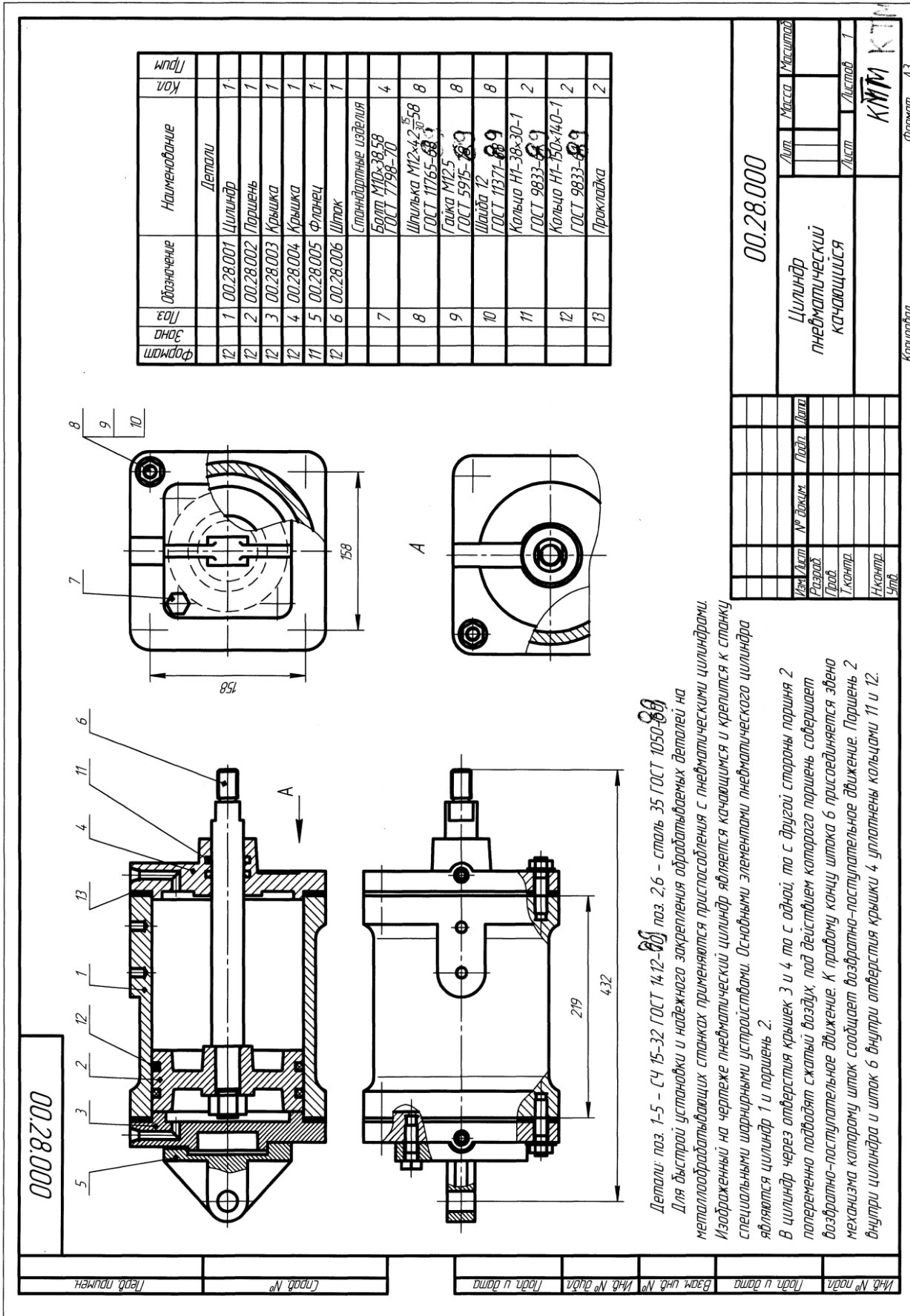


Рис. 3.2. Цилиндр пневматический (N=1000 шт/год)

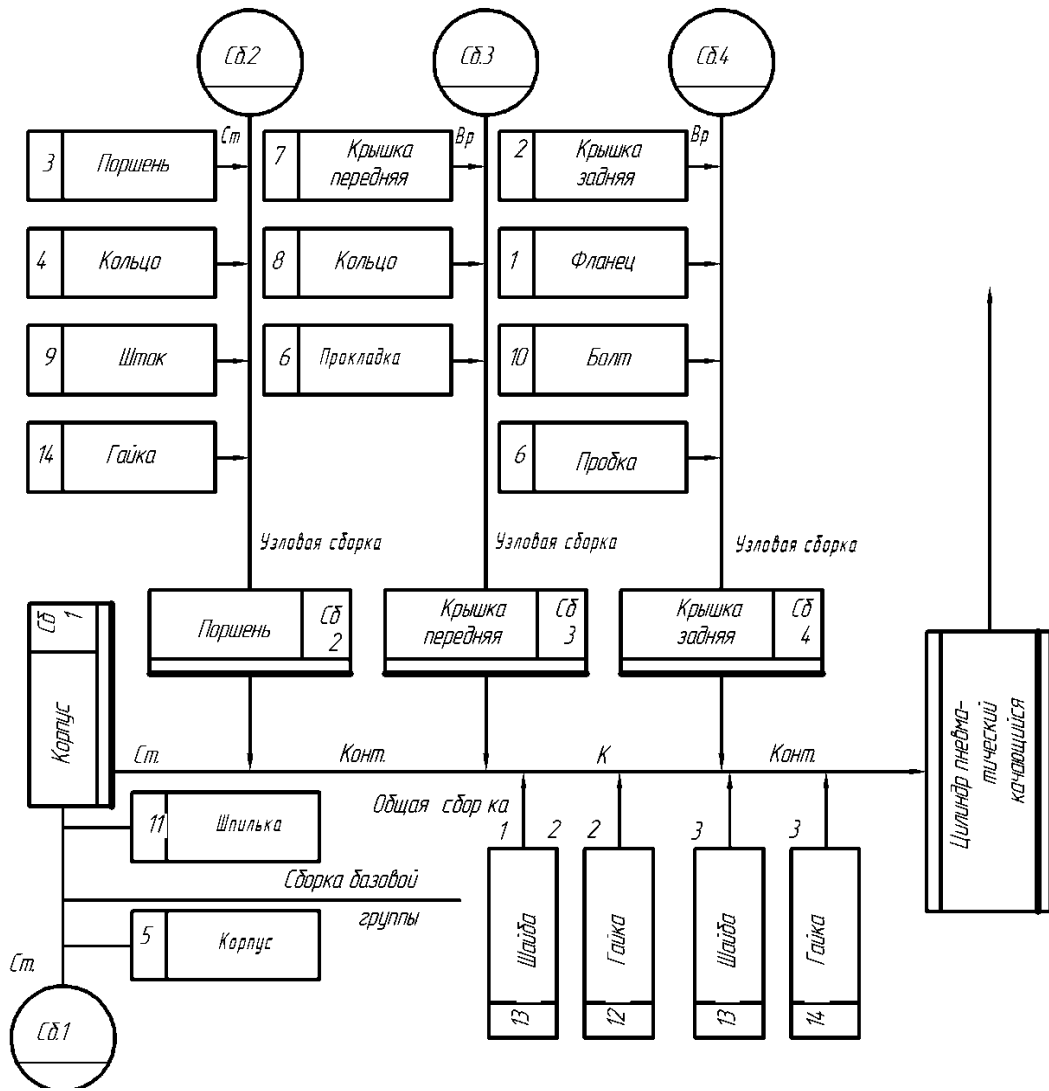
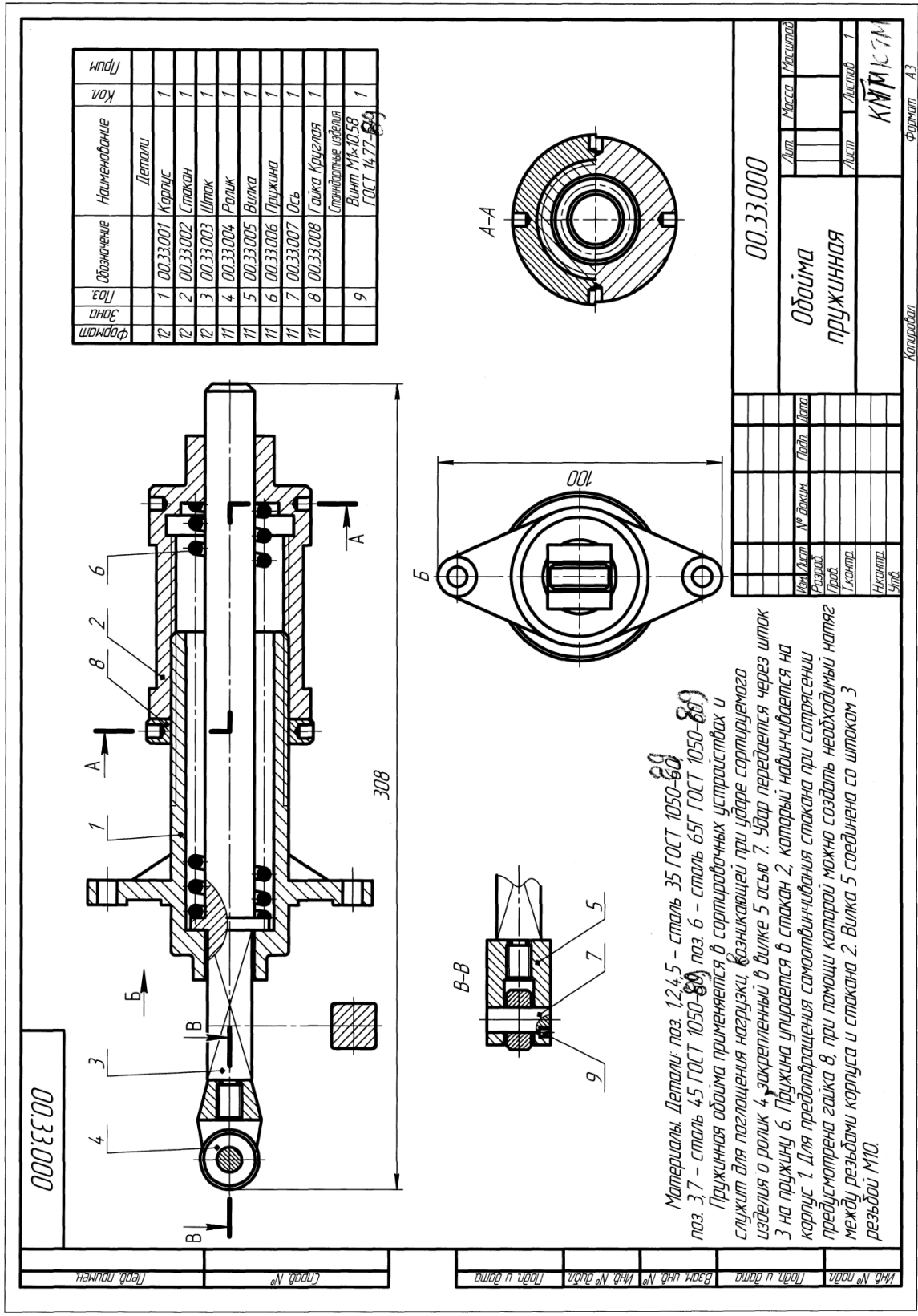


Рис. 3.3. Схема сборки



Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Прим
		12	1 00.33.001	Карпус	1	
		12	2 00.33.002	Стакан	1	
		12	3 00.33.003	Шток	1	
		11	4 00.33.004	Ролик	1	
		11	5 00.33.005	Вилка	1	
		11	6 00.33.006	Пружина	1	
		11	7 00.33.007	Ось	1	
		11	8 00.33.008	Гайка Круглая	1	
		9		Стандартные изделия Винт М16-10.58 ГОСТ 14.77-84	1	

00.33.000		Лист	Масса	Масштаб
Обойма пружинная	Контр.	Лист		
	Упр.	Лист		
	Г.контр.	Лист		
КМТ КТМ				
Формат А3				

00.33.000  
 308  
 100  
 А-А  
 В-В  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9  
 100  
 5 7 9

Материалы. Детали: поз. 1, 2, 4, 5 – сталь 35 ГОСТ 1050-80  
 поз. 3, 7 – сталь 45 ГОСТ 1050-80, поз. 6 – сталь 65Г ГОСТ 1050-80  
 Пружинная обойма применяется в сортировочных устройствах и  
 служит для поглощения нагрузки, возникающей при ударе сортируемого  
 изделия о ролик 4, закрепленный в диаметре 5 осью 7. Удар передается через шток  
 3 на пружину 6. Пружина упирается в стакан 2, который надвигается на  
 корпус 1. Для предотвращения самоотвинчивания стакана при сжатии  
 предусмотрена гайка 8, при помощи которой можно создать необходимый натяг  
 между резьбой корпуса и стакана 2. Вилка 5 соединена со штоком 3  
 резьбой М10.

Рис. 3.4. Обойма пружинная (N=2500 шт/год)

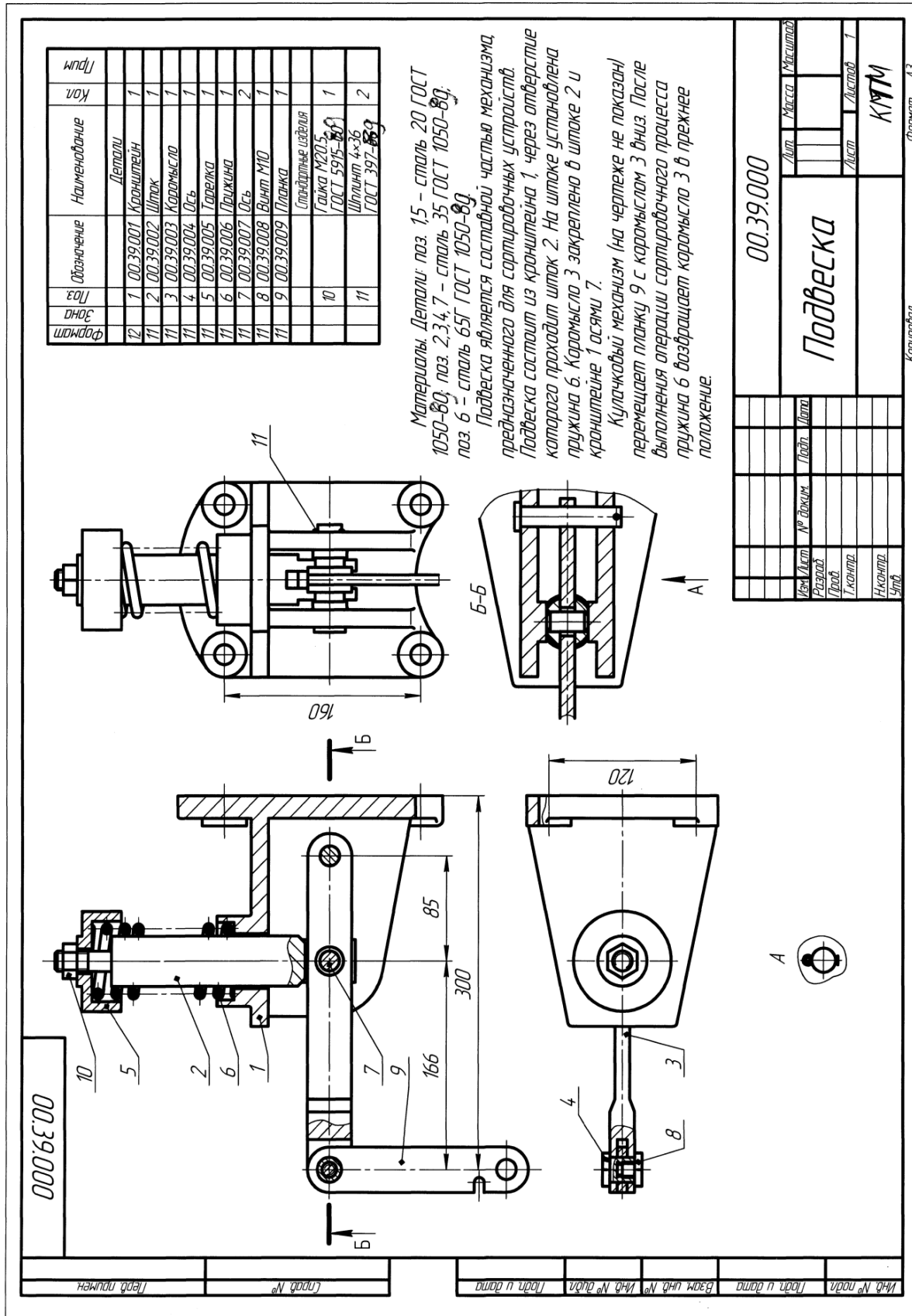


Рис. 3.5. Подвеска ( N=8000 шт/год)

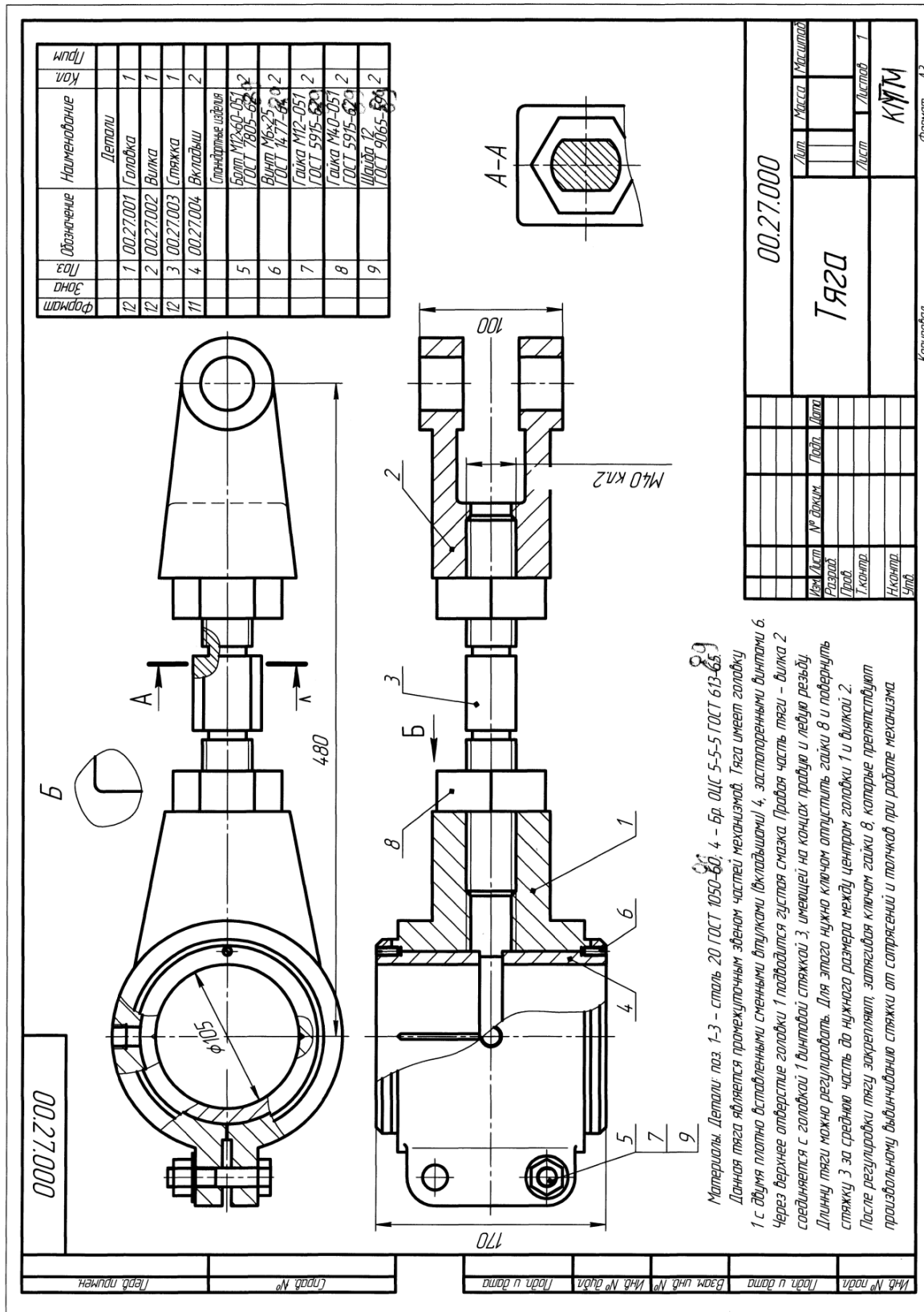
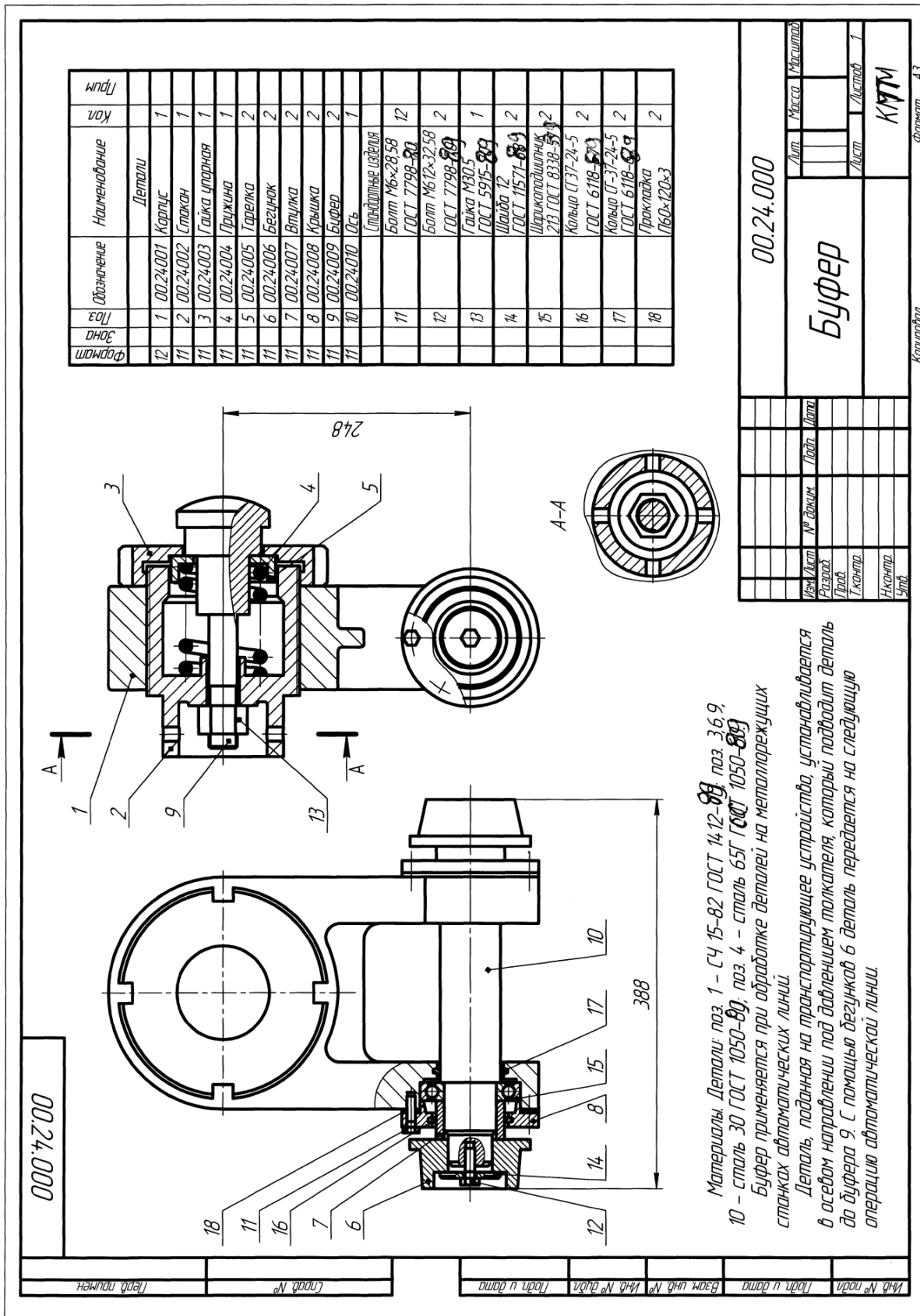


Рис.3.6. Тяга (N=2000 шт/год)



000 7200

00.24.000

Буфер

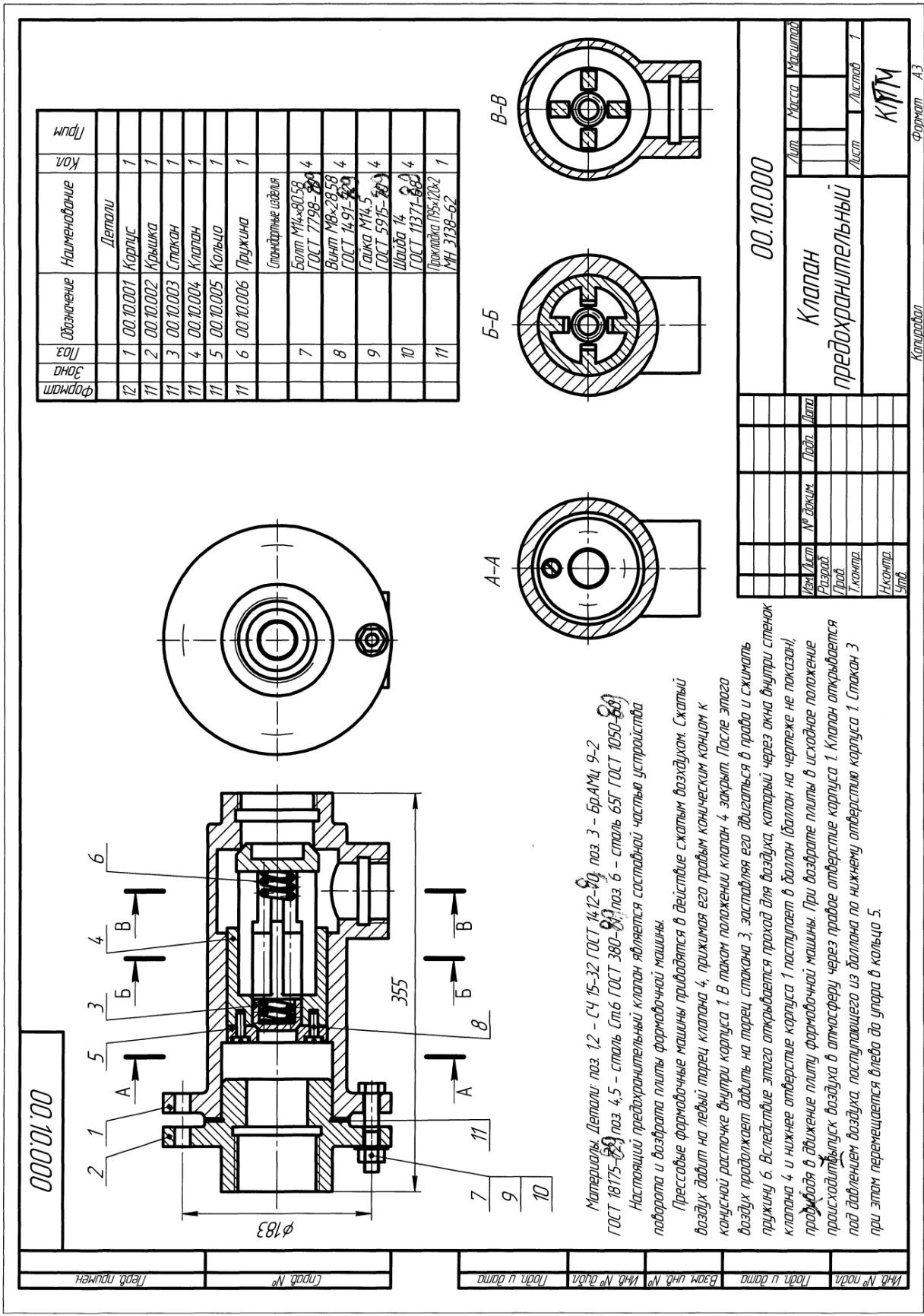
00.24.000

Материалы. Детали: поз. 1 - СЧ 15-82 ГОСТ 1412-88; поз. 3, 6, 9, 10 - сталь 30 ГОСТ 1050-80; поз. 4 - сталь 65Г ГОСТ 1050-80. Буфер применяется при обработке деталей на металлорежущих станках автоматических линий.

Деталь, поданная на транслаторирующее устройство, устанавливается в осевом направлении под давлением толкателя, который подводит деталь до буфера 9. С помощью дегунков 6 деталь передается на следующую операцию автоматической линии.

Рис. 3.7. Буфер (N = 45000 шт/год)





Материалы. Детали: поз. 12 - СЧ 15-32 ГОСТ 14.12-79, поз. 3 - Бр.Мц 9-2  
 ГОСТ 18175-83, поз. 4, 5 - сталь Ст6 ГОСТ 380-81, поз. 6 - сталь 65Г ГОСТ 1050-80)  
 Настоящий предохранительный клапан является составной частью устройства  
 паровоза и водогрейной плиты формовочной машины.

Прессовые формовочные машины приводятся в действие сжатым воздухом. Сжатый  
 воздух подает на левой тарелке клапана 4, прижимая его правым коническим концом к  
 конусной расточке внутри корпуса 1. В таком положении клапан 4 закрыт. После этого  
 воздух продолжает давить на тарелку стакана 3, заставляя его двигаться вправо и сжимать  
 пружину 6. Вследствие этого открывается проход для воздуха, который через окна внутренней стенки  
 клапана 4 и нижнее отверстие корпуса 1 поступает в баллон (баллон на чертеже не показан),  
 приводя в движение плиту формовочной машины. При возврате плиты в исходное положение  
 происходит выпуск воздуха в атмосферу через правое отверстие корпуса 1. Клапан открывается  
 под давлением воздуха, поступающего из баллона по нижнему отверстию корпуса 1. Стакан 3  
 при этом перемещается влево до упора в кольцо 5.

Рис. 3.8. Клапан предохранительный (N=18000 шт/год)

### 3. Отчет по работе.

Студент прикладывает к протоколу ксерокопию задания-механизма, дает его анализ, указывает, как расчленить этот механизм на сборочные единицы, выделяет базовую часть и рисует схему.

### 4. Литература.

#### 5. Вопросы для самоконтроля.

##### 5.1. Схему сборки используют

- слесари – сборщики;
- станочники;
- контрольные мастера;
- инженеры-технологи;
- мастера участков сборки.

##### 5.2. Схема сборки – это основа технологического процесса

- сборки единицы;
- обработки деталей;
- изготовления заготовок;
- термообработки;
- обработки заготовок.

##### 5.3. Разработку схемы сборки начинают с выбора какой детали

- самой точной;
- самой большой;
- базовой;
- наиболее ответственной;
- с самым большим набором поверхностей.

### 3.3. Разработка технологического процесса сборки

Цель – научить студента разрабатывать маршрутный и операционный технологический процесс сборки сборочной единицы.

Задачи работы: 1) На основе схемы сборки сборочной единицы разработать маршрутный технологический процесс сборки для поточной сборки в серийном производстве.

2) На базе схемы сборки и маршрутного технологического процесса сборки сборочной единицы разработать техпроцесс на одну операцию сборки.

#### 1. Общие сведения.

Технологический процесс сборки (ТПС) – часть производственного процесса, непосредственно связанная с последовательным соединением, взаимной ориентировкой и фиксацией деталей и сборочных единиц для получения готового изделия (ГОСТ 23887-89).

Структура процесса: сборочные операции, переходы и приемы.

Операция сборки – это законченная часть ТПС, выполняется непрерывно над одной сборочной единицей или над совокупностью одновременно собираемых единиц одним рабочим или бригадой рабочих на одном рабочем месте. Сборочный переход – это законченная часть операции сборки по образованию соединения или нескольких соединений при неизменном методе выполнения работы или использовании одних и тех же инструментов и приспособлений. Прием сборки – это отдельное законченное действие рабочего в процессе сборки или подготовке к сборке изделия или сборочной единицы. Содержание операций и переходов ТПС определяется конструкцией изделия, организационно-техническими условиями сборочного производства и программой выпуска.

Определение серийности организационной формы сборки может быть сделано с помощью данных табл. 3.4.

В поточном производстве, а это сфера действия серийного и массового производства, имеет место дифференциация ТПС, т.е. разделение его на операции, продолжительность которых равна или кратна такту сборки, а работы в пределах операции однородны по квалификации и разряду работы. Напомним, что в ходе сборки выполняется ряд работ, из которых подготовительные пригоночные и собственно сборочные составляют в серийном производстве 70 – 80 % (соответственно 5 – 7 %, 20 – 25 %, 45 – 47 %, а в массовом 78 – 85 % (8 – 1 %, 0 %, 70 – 75 %, пригоночные работы не выполняют, так как реализуют другие способы достижения точности).

Для формулирования содержания операций ТПС в табл. 3.5 приведены основные классы, подклассы и группы наиболее трудоемких работ. Классы и подклассы формируют операции, а группы и подгруппы – переходы. Например, для получения сборочной единицы «корпус со шпилькой и гайкой» в корпус необходимо установить шпильку и законтрить ее гайкой.

Работы для этого:

- подготовительные: комплектация – для серийного производства: очистка и промывка машинная с последующей обдувкой;
- транспортные: перемещение краном, установка на точные базы;
- собственно сборочные: крепежные работы – сборка резьбовых соединений: ввертывание шпильки и накручивание гайки; смазка – в процессе сборки масленкой;
- контрольно-проверочные – проверка наружным осмотром.

ТПС разрабатываются в определенном порядке:

1) Устанавливается организационная форма сборки, определяется ее такт  $T - T_c$ .

Если это поточная форма, то  $T_c$  определяют:

$$T_c = \frac{F_r}{N} = \frac{A_{p.g.} \cdot m \cdot k \cdot n_s \cdot G_o}{N} \text{ мин,} \quad (3.16)$$

где  $F_r$  – годовой фонд времени;

$N$  – годовая программа собираемых изделий, шт.;

$A_{p.g.}$  – число рабочих дней в году, дней;

$m$  – число рабочих смен, шт.;

$k$  – число рабочих часов за смену, час;

$\eta_s$  – коэффициент внутрисменных потерь (при  $m=1$ ;  $\eta_s=0,98$ ;  $m=2$ ;  $\eta_s=0,96$ ).

2) Производится технологический анализ сборочных чертежей и рабочих чертежей деталей

3) Выполняется различный анализ конструкции собираемого изделия и устанавливается метод достижения требуемой точности сборки, в нашей работе – полная взаимозаменяемость.

4) Определяется степень дифференциации ТПС для заданных условий производства.

5) Устанавливается последовательность соединения всех сборочных единиц и деталей изделия, составляется схема сборки, при этом сборка должна идти так, чтоб не возникало потребностей в разборке части или всего соединения.

6) Составляется содержание операций сборки, задаются методы контроля и окончательных испытаний изделия (если они потребны).

7) Разрабатывается необходимая оснастка.

8) Производится нормирование сборочных работ.

9) Оформляется техническая документация процесса сборки.

Так как ранее в работе №3.2 нами уже была составлена схема заданной сборочной единицы, то нами были как бы реализованы этапы 1 – 5, и мы можем продолжить разработку ТПС.

Маршрутный ТПС будет состоять из ряда операций, а каждая операция из переходов основных и вспомогательных, при этом количество операций собственно сборочных должно быть равно количеству собираемых сборочных единиц.

2. Порядок выполнения работы.

Каждый студент в ходе работы №3.2 получил задание, и в данной работе продолжает работу над ним, используя схему сборки заданной сборочной единицы.

Добавим к нашему заданию дополнительные данные:  $N$  – годовая программа выпуска собираемого изделия, шт/год и  $T_{сборки}$  – трудоемкость сборки, часов, не более

2.1. Определим такт выпуска сборки  $T_C$ , применяя формулу (1).

2.2. Определим серийность производства и организационную форму сборки с помощью табл. 3.4.

2.3. Определим вид работ (табл. 3.5) для каждой сборочной единицы изделия.

2.4. Определим количество операций ТПС изделия.

2.5. Сформулируем содержание переходов каждой операции ТПС.

2.6. Запишем маршрутный процесс ТПС.

2.7. Запишем в виде таблицы последовательность переходов одной из операций ТПС и сделаем выводы.

2.8. На примере изделия – качающегося цилиндра – выполним этот порядок

При программе  $N = 10000$  шт/год и  $T_{сборки}$  до 30 минут (цифры  $N$  и  $T_C$  задает преподаватель) определим основные параметры ТПС.

2.8.1. Найдем такт сборки  $T_C$ , принимая  $A_{p.g.} = 255$  дней;  $k = 8$  часов,  $N = 5000$  шт/год. Число смен выбираем  $m = 2$  и  $T_{сборки}$  не более 30 минут мы сможем собрать изделий, а необходимо 5000.  $\eta_э = 0,96$ :

$$T_C = \frac{255 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,96 \cdot 60}{10000} \text{ мин.}$$

2.8.2. По табл. 3.4 найдем, что при  $T_{сборки} = 0,5$  часа и месячной программе более 800 изделий ( $\frac{10000}{12} = 833$ ) производство – крупносерийное с организационной формой сборки – подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передачей объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих систем.

2.8.3. В схеме сборки выделяем 4 сборочные единицы – это 4 операции и одна операция общей сборки. В ТПС должна быть операция подготовки деталей к сборке, а так же операции выверки, испытаний и контроля. Маршрутный ТПС построим так:

010. Сборочная. Подготовка деталей к сборке (очистка от смазки, осмотр деталей, опилование заусенцев, упаковка в тару).

020. Сборочная. Сборка базовой группы (установка и завинчивание 8 шпилек в корпус).

030. Сборочная. Сборка поршневой группы. Сборка поршня с кольцом, штоком и гайкой.

040. Сборочная. Сборка крышки передней с кольцом и прокладкой.

050. Сборочная. Сборка крышки задней с фланцем, прокладкой и болтом.

060. Сборочная. Сборка цилиндра путем присоединения к корпусу поршня, задней и передней крышки и закрепление их гайками.

070. Выверка. Проверка подвижности штока.

080. Испытательная. Проверка на герметичность на стенде.

090. Контрольная.

2.8.4. Сформируем состав переходов на примере операции 020, используя данные табл. 3.6.

Содержание сборочных операций устанавливаем так, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась однородная по своему характеру и технологии операция. Это позволит сборщику лучше специализироваться, применить производственное технологическое оснащение и добиться высокой эффективности.

Рассматривая операцию 020 сборки базовой группы, устанавливаем, что в этой сборочной операции два установка или две позиции, восемь технологических сборочных переходов по числу ввинчиваемых шпилек и 2 вспомогательных перехода.

2.8.5. Записываем содержание операции – завинтить в оба торца корпуса по 4 шпильки – в виде таблицы (табл. 3.6).

2.8.6. Выводы. При больших объемах выпуска для выполнения этой операции целесообразно применять роботы-манипуляторы для установки, снятия и поворота изделия или поворотные столы, а также обеспечить параллельное наживление и завинчивание шпилек.

3. Содержание отчета.

В отчете приводится схема сборки, состав сборочных единиц, маршрутный ТПС и состав переходов 1 операции сборки.

4. Литература.



Таблица 3.4

## Определение серийности и организационной формы сборки

Единичное изделие		Малкосерийное изделие		Серийное изделие		Крупносерийное изделие		Массовое изделие	
Объем выпуска изделий		Объем выпуска изделий		Объем выпуска изделий		Объем выпуска изделий		Объем выпуска изделий	
Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднесекундная скорость выпуска изделий, шт/сек	Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднесекундная скорость выпуска изделий, шт/сек	Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднесекундная скорость выпуска изделий, шт/сек	Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднесекундная скорость выпуска изделий, шт/сек	Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднесекундная скорость выпуска изделий, шт/сек
св. 2500	до 1	св. 2500	2-4	св. 2500	Св. 5	св. 2500	-	св. 2500	-
250-2500	до 3	250-2500	3-8	250-2500	9-60	250-2500	Св. 60	250-2500	-
25-2500	до 5	25-2500	8-30	25-2500	31-350	25-2500	351-1500	25-2500	св. 1500
2,5-25	до 8	2,5-25	9-50	2,5-25	51-600	2,5-25	601-3000	2,5-25	св. 3000
0,25-2,5	-	0,25-2,5	до 80	0,25-2,5	81-800	0,25-2,5	801-4500	0,25-2,5	св. 4500
до 0,25	-	до 0,25	-	до 0,25	-	до 0,25	1000-6000	до 0,25	св. 6000
Номенклатура		Номенклатура		Номенклатура		Номенклатура		Номенклатура	
Различна		Состоит из изделий, выпускаемых мелкими партиями или сериями, систематически не повторяющимися		Состоит из изделий, выпускаемых мелкими партиями или сериями, повторяющимися через определенный промежуток времени		Состоит из изделий, выпускаемых крупными партиями или сериями, систематически повторяющимися		Постоянна	
Организационная форма		Организационная форма		Организационная форма		Организационная форма		Организационная форма	
Стационарная		Стационарная		Стационарная и подвижная поточная сборка с расчленением работ и с регламентированным тактом их выполнения при большом оперативном времени		Подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передаче собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств		Подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств; такт сборки строго регламентирован	

Таблица 3.5

## Состав подготовительных и сборочных работ

№ п/п	Класс работ		Подкласс работ		Группы работ		Подгруппы работ				
	Наимен.	Шифр	Наимен.	Шифр	Наимен.	Шифр	Наимен.	Шифр			
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1.	Подготовительные	1	Комплектация	0	-	-	Для конвейерной сборки	1			
							Для серийного производства	2			
							Для упора	1			
			Рихтовка (правка)	1	На прессе	1	На призмах	2			
					Вручную	2	Подгибкой	1			
			Разметка	3			-	-	Нанесением рисок	1	
					Клеймением	2					
			Очистка	4	Промывка машинная	1	-	-			
									Промывка ручная	2	-
					Промывка каналов	3	Гидравлическая	1			
									2		
					Обдувка	4	Индивид.	1			
			Групповая	2							
			2.	Транспортные	2	Перемещение	1	Краном, тельфером, вручную	1	-	-
										Установка	0
На свободные базы	2										
Укладка в штабель	3										
Снятие с приспособления	4										
Переворот	5										

№ п/п	Класс работ		Подкласс работ		Группы работ		Подгруппы работ	
	Наимен.	Шифр	Наимен.	Шифр	Наимен.	Шифр	Наимен.	Шифр
1	2	3	4	5	6	7	8	9
							для дельн. сборки	
			Подбор деталей и комплектов	4	–	–	По массе	1
							По группам	2
							По размерам	3
							По величине зазора	4
							По интенсивности шума (зубчатого колеса)	5
			Смазка	5	В процессе сборки	1	Кистью	1
							Масленкой	2
					Пропитка	2	–	–
					Заправка	3	Шприцем	1
							Вручную	2
			Склеивание	4	–	–		
			Электро-монтажные	6	–	–	–	–
			Контрольно-проверочные	7	Проверка наружным осмотром	1	Совпадение рисков	1
							Отсутствие забоин	2
							Клеймение	3
					Проверка зазоров	2	_____	1
							Индикатором	2
							Оттиском	3
					Проверка размеров	3	–	–
			Проверка биения	–	–			
			Проверка соосности	–	–			

№ п/п	Класс работ		Подкласс работ		Группы работ		Подгруппы работ					
	Наимен.	Шифр	Наимен.	Шифр	Наимен.	Шифр	Наимен.	Шифр				
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
3.	Пригоночные	3	Обработка отверстий	1	На станке	1	Сверлением	1				
							Развертыванием, нарезанием резьбы	2				
					Механизированным и ручным	2	Сверлением	1				
							Развертыванием	2				
			Обработка — поверхностей	2	—	—	—	—	Пригонкой	1		
									Шабрением	2		
									Полированием	3		
									Притиркой	4		
4.	Собственно сборочные	1	Свободная постановка	1	Сборка резьбовых соединений	0	—	—				
							Крепежные работы	2	Сборка резьбовых соединений	1	Вывертывание винта болта	1
			Навинчивание гайки	2								
										Вывертывание спец. детали	3	
Вывертывание шпилек	4											
Стопорение	2	Гайки отн. болта								1		
		Болта отн. детали								2		
Запрессовка	3	а								1	—	—
		С нагревом								2	—	—
		С охлажд.								3	—	—
		Сборка заклепочных соед.								4	—	—
		Развальцовка	5	—	—							

## Структура переходов операции 20

Номер перехода	Содержание перехода
1	Очистить резьбовые соединения от стружки
2	Установить корпус и закрепить его в приспособлении
3	Завинтить шпильку в отверстие (с использованием одношпindelного шпильковерта)
4-6	Повторить переход 3 еще три раза
7	Переустановить корпус
8-11	Повторить переход 3 еще четыре раза
12	Контроль работы
13	Снять корпус и передать его на следующую операцию

## 5. Вопросы для самоконтроля:

## 5.1. Какие работы, приведенные ниже, выполняются при сборке

- подготовительные;
- пригоночные;
- регулировка;
- испытания;
- консервация.

5.2. Такт сборки  $T_c$  зависит от

- площади цеха;
- габаритов цеха;
- годового фонда времени;
- числа сборщиков;
- числа всех работников.

### 3.4. Нормирование процесса сборки

Цель – ознакомить студента со структурой нормы времени при сборке и научить, используя нормативы, определять норму времени на отдельные операции и весь процесс сборки.

#### 1. Общие сведения.

Техническая норма времени (ТНВ) на сборку – это время, необходимое на выполнение определенной работы по сборке требуемого качества в рациональных организационно-технических и технологических условиях. В зависимости от типа производства ТНВ на сборку может быть дифференцированной или укрупненной по степени расчленения и общемашиностроительной, отраслевой и заводской по масштабу применения.

В единичном и мелкосерийном производстве технологический процесс сборки (ТПС) не детализирован, сборщики выполняют комплексы работ, поэтому ТНВ разрабатывают и применяют укрупненно.

В табл. 3.7 приведен пример расчета ТНВ на сборку одного резьбового соединения при длине навинчивания гайки  $l$ , мм, а в табл. 3.8 – укрупненные значения времени.

В серийном производстве ТПС разделяют на операции, и сборщики специализируются на выполнении определенных работ. ТНВ более детализирована и определяется частично по элементам. В крупносерийном и массовом производстве ТНВ дифференцирована по элементам с учетом переходов, приемов и движений.

Сборочные работы, типичные для машиностроения, в целом, нормируют на основе общемашиностроительных нормативов времени, а для отраслей машиностроения, групп заводов и даже отдельных заводов

ТНВ разрабатывают по отраслевым и заводским нормативам.

В ТНВ учитывают квалификацию исполнителя, максимальное использование оборудования при наивыгоднейших режимах работы с использованием целесообразных приспособлений и инструментов.

Структура ТНВ такова:

$$T_{ум} = T_O + T_B + T_{об} + T_{отд} \text{ мин,} \quad (3.17)$$

где  $T_O$  – основное время сборки, мин;

$T_B$  – вспомогательное не перекрываемое время основным (взять деталь, закрепить деталь, переместить инструмент, измерить параметр и др.), мин;

$T_{об}$  – не перекрываемое основным время технологического и организационного обслуживания рабочего места (раскладка и уборка инструментов перед началом работы и в конце ее, очистка рабочего места, замены инструментов в процессе работы, удаление инструментов и др.), мин;

$T_{отд}$  – время перерывов на отдых и удовлетворение естественных потребностей, мин.

Если принять, что  $T_O + T_B = T_{он}$ , то формулу (1) можно записать для массового производства так:

$$T_{ум} = T_O + T_B + \frac{\alpha \cdot T_O}{100} + \frac{\beta \cdot T_{он}}{100} + \frac{\gamma \cdot T_{он}}{100}, \quad (3.18)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – коэффициенты, учитывающие технологическое, организационное обслуживание, отдых и естественные потребности.

$T_{обсл}$  зависит от вида слесарно-сборочных работ и составляет 2– 6 % от  $T_{он}$ .

$$T_{отд} = (4 - 6) \% \cdot T_{он}.$$

На конвейерной сборке  $T_{отд1} = 10$  мин через 1 час 50 мин работы, затем обеденный перерыв – 1 час, после этого работа 1 час 50 мин и

перерыв  $T_{om\partial 2} = 10$  мин и последний перерыв в 10 минут после 1 часа работы после третьего перерыва, т.е.  $T_{om\partial} = 30$  мин (без обеда).

Для серийного производства:

$$T_{um} = T_O + T_B + \frac{(k \cdot \gamma) T_{оп}}{100}, \quad (3.19)$$

где  $k, \gamma$  – коэффициенты, учитывающие обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности.

В отличие от процессов механической обработки в серийном производстве при сборке партии деталей  $T_{н.з}$  – подготовительно-заключительное время весьма мало, и оно складывается из:

- времени на получение технической документации на работу и ознакомление с ней –  $2,5 \div 3,5$  мин;
- времени на получение полуфабриката –  $2 \div 3$  мин;
- времени для подбора необходимого инструмента, получения его и сдачи после окончания работы –  $1,5 \div 2,5$  мин;
- времени на сдачу работы и наряда –  $2,5 \div 3,5$  мин.

Итого  $T_{н.з} = 8,5 \div 12,5$  минуты.

При нормировании в структуре операции сборки действия по подаче деталей, их взаимная ориентация, сопряжение, закрепление, съем и контроль сборочной единицы заменяют одним приемом – установка – понимая под этим придание объекту такого положения относительно других взаимозаменяемых конструктивных элементов, которое предусмотрено чертежом и ТУ на сборку. Продолжительность приема зависит от вида установок (на вал, на плоскость, в отверстие и др.), разновидностей (на шпильку, до упора и др.), массы объекта, его габаритов, конфигурации, расстояния перемещения, высоты подъема,



характера посадки, способа крепления и положения сборщика (удобное или неудобное).

Например, при запрессовке учитывают диаметр посадочной части, величину натяга, массу детали, вид оборудования и приспособления, удобство выполнения работы. При заворачивании гаек принимают во внимание: диаметр, шаг и длину резьбы, количество одновременно навинчиваемых гаек, число надеваемых на болт (шпильку) шайб.

В табл. 3.9 – 3.27 приведены нормы времени на отдельные действия при сборке. При этом каждое действие – это переход сборки, состоящий из отдельных приемов.

При запрессовывании детали в нормальном положении время  $t_y$  приведено в табл. 3.19 – 3.22. Если запрессовка осуществляется в неудобном положении, то величина  $t_y$  умножается на коэффициенты 1,35.

При сборке резьбовых соединений  $t_y$  приведено в табл. 3.22, 3.23, 3.25, при этом это время дано для винтов, болтов и гаек с метрической резьбой при заворачивании их наполоборота в удобном месте.

Если условия другие, то время изменяют:

- неудобное выполнение 1,1 – 4,35;
- дюймовая резьба 0,9;
- заворачивание на 0,75 оборота отвертки или ключа 0,8;
- заворачивание на 0,25 оборота 1,25.

При отвертывании винтов, болтов и гаек  $t_y$  снижается на 15 – 25 %.

## 2. Порядок выполнения работы.

Нормирование сборочных операций осуществляется после разработки маршрута сборки и последовательности переходов на каждой операции сборки. Если среди этих операций будут операции механической обработки, то их нормирование производится так, как показано ранее.

2.1. Запишем структуру переходов в каждой операции сборки сборочной единицы.

2.2. Выделим в этой структуре переходы, выполняемые в неудобном положении для сборщика.

2.3. В соответствии с табл. 3.9 – 3.27 для каждого перехода выберем время, затрачиваемое на его реализацию, и коэффициенты  $k$  и найдем  $T_o$  для каждой операции.

2.4. Определим вспомогательное время  $t_v$ .

2.5. Определим по каждой операции  $T_{on}$ .

2.6. Определим значения коэффициентов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  из заданного диапазона:  $T_{обсл.} = (2 \div 6) \cdot T_{on}/100$  и  $T_{отд} = (4 \div 6) \cdot T_{on}/100$ .

2.7. Найдем  $T_{ум}$  на каждой операции сборки.

2.8. Сопоставим значения  $T_{ум}$  с тактом выпуска (см. работу 3.3) и сделаем заключение.

2.9. На примере сборки качающегося пневмоцилиндра (см. работу 3.3) сделаем цифровой расчет операции сборки базовой сборочные единицы (корпус с 8-ю шпильками).

2.9.1. Структура переходов: очистить резьбовые отверстия корпуса от стружки, установить корпус в слесарные тиски с ручным зажимом, завинтить 4 шпильки, переустановить корпус, завинтить 4 шпильки, проверить качество заворачивания, снять корпус и уложить в тару.

2.9.2. Неудобных положений корпуса нет, т.к. в тисках он закреплен своей осью вертикально, т.е. шпильки устанавливаются на горизонтальную плоскость.

2.9.3. По табл. 3.4.3 – 3.4.21 найдем:

– очистка ведется щеткой на площади

$$S = \frac{\pi \cdot d_y^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ дм}^2,$$

где  $d_y$  – диаметр цилиндра, равный 1200 мм.

Выступов нет,  $t_{o1} = 0,08 - 8 = 0,64$  мин (табл. 3.9);

– смазывание шпильки М12х42:  $t_{o2} = 0,074 - 8 = 0,592$  мин  $\approx 0,6$  мин;

– заворачивание 8 шпилек с использованием одношпindelного инструмента (аналогично болту с длиной заворачивания до 20 мм – табл. 3.23)  $t_o = 0,36 - 8 = 2,88$  мин;

– контроль осмотром  $t_o = 0,06 \cdot 8 = 0,48$  мин.

Таким образом,  $T_o = 0,64 + 0,6 + 2,88 + 0,48 = 4,6$  мин.

2.9.4. Установка корпуса в тисках с винтовым зажимом массой до 8 кг (см. [8] стр. 62 табл. 3),  $t_g = 0,36$ .

2.9.5.  $T_{on} = 4,6 + 0,36 = 4,96$  мин.

2.9.6. Работа относительно простая и легкая, поэтому:

$$\alpha = 2 \% ; \quad \beta = 2 \% ; \quad \gamma = 4 \% .$$

2.9.7. Найдем  $T_{ум} = 4,96 + 0,02 \cdot 4,6 + 0,02 \cdot 4,96 + 0,04 \cdot 4,96 = 4,96 + 0,092 + 0,099 + 0,198 \approx 5,35$  мин.

2.9.8. Сопоставим такт выпуска и  $T_{ум}$  и увидим, что эта величина составляет  $\sim 50$  %, т.е. на одном рабочем месте можно на этой операции делать сборку, и запас составляет почти 100 %.

3. Отчет по работе.

Студент приводит схему сборки, состав переходов одной из операций сборки, расчет времени  $T_o$ ,  $T_g$ ,  $T_{ум}$ , сопоставляет с тактом выпуска и делает выводы.

4. Литература [3, 4, 8].

Таблица 3.7

Время на сборку одного резьбового соединения при разной длине  
навинчивания гайки

Вид соединения	Диаметр резьбы $d$ , мм	Длина навинчивания $l$ , мм					
		5	10	15	20	25	30
Резьбовые метрические	M3	0,3	0,4	0,45	-	-	-
	M5	-	0,35	0,4	0,5	-	-
	M6	-	0,32	0,35	0,45	0,55	-
	M8	-	0,25	0,3	0,4	0,5	-
	M10	-	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7
	M12	-	-	0,45	0,55	0,65	0,75

Таблица 3.8

Укрупненные значения нормы времени при сборке в мелкосерийном  
производстве

№	Элемент операции	Норма времени, мин
1	2	3
1	Затянуть болт торцевым ключом при длине затяжки не более 30 мм	0,15
2	Затянуть болт гайковертом при длине затяжки не более 30 мм	0,04
3	Завернуть шпильку шпильковертом	0,05
4	Завернуть шпильку спец. ключом	0,2
5	Навернуть гайку от руки	0,07

№	Элемент операции	Норма времени, мин		
1	2	3		
6	Затянуть гайку: - гайковертом - открытым ключом - торцевым ключом	0,04		
		0,13		
		0,12		
7	Зашплинтовать гайку	0,29		
8	Зашплинтовать замочной проволокой простой вязкой с откусыванием концов	0,4		
		молоток	ручной пресс	пневм. пресс
9	Запрессовать шпильку или палец	0,11	0,06	-
10	Фланец на шпонку	0,2	-	-
11	Зубчатое колесо на шпонку	-	0,16	0,1
12	На шлицы	-	-	0,2

Таблица 3.9

Нормы времени на протирание деталей вручную

Вид поверхности	Площадь, $\text{дм}^2$ ( $a \cdot b$ и $\pi d \cdot l$ )			
	до 5	5-10	10-20	20-40
	Время, мин			
Плоская ( $a \cdot b$ ):				
без выступа	0,08	0,10	0,15	0,21
с выступом (до трех)	0,12	0,15	0,21	0,34
Цилиндрическая (наружная):				
без выступа	0,10	0,12	0,17	
с выступом (до трех)	0,16	0,20	0,26	
Цилиндрическая (внутренняя):				
без выступа	0,11	0,14	0,20	
с выступом (до трех)	0,19	0,24	0,34	

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнение следующих приемов работы: 1) взять концы, трепки, щетку; 2) протереть поверхность детали (деталей); 3) отложить концы, тряпки, щетку.

Таблица 3.10

Нормы времени на смазывание цилиндрических поверхностей  
при сборке вручную

Диаметр смазываемого цилиндра, мм	Длина смазываемого цилиндра $b$ , мм						
	25	50	100	150	200	250	300
	Норма времени $t$ на смазывание одной детали						
10	0,032	0,054	0,092	-	-	-	-
15	0,043	0,074	0,120	0,17	-	-	-
20	0,058	0,098	0,160	0,22	0,28	-	-
30	0,074	0,125	0,210	0,29	0,36	0,41	0,48
50	0,100	0,170	0,290	0,40	0,50	0,58	0,66

Таблица 3.11

Нормы времени на установку деталей и узлов при сборке без крепления

Характер установки детали или узла	Время $t$ на установку одной детали (сб. ед), мин								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Масса $q$ деталей и сборочных единиц, кг								
Установка деталей по отверстиям	0,20	0,35	0,40	0,45	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
Установка на три шпильки в гори- зонтальной плос- кости или в плот- ные пазы	0,42	0,70	0,78	0,85	1,0	1,15	1,20	1,30	1,40
Установка на вер- тикальную плос- кость с временным креплением или на шпильки	0,54	0,90	1,0	1,10	1,28	1,45	1,53	1,65	1,77

Таблица 3.12

## Нормы времени на установку деталей по рискам

Характер установки	Наиболь- ший раз- мер $l$ , мм	Масса детали, кг			
		до 5	5-10	10-15	15-20
		Время, мин			
<u>Простая</u> Установка без регулировки деталей простой конфигурации	500	0,14	0,21	0,28	0,34
	1000	0,18	0,25	0,32	0,40
<u>Средней сложности</u> Установка с несложной регулировкой (ударами молотка) деталей несложной конфигурации	500	0,20	0,30	0,40	0,50
	1000	0,28	0,36	0,46	0,56
<u>Сложная</u> Установка с применением регулировки громоздких деталей с выступающими частями	500	0,30	0,44	0,59	–
	1000	0,40	0,55	0,69	0,63

Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнение следующих приемов работы:

- 1) протереть совмещаемые поверхности;
- 2) взять деталь и соединить с другой (предварительно);
- 3) соединить детали с регулировкой при установке по риске.

Таблица 3.13

## Нормы времени на установку прокладок

Материал прокладок	Характер установки			Количество отверстий или шпилек				
				2	4		8	
				Расстояние между отверстиями или шпильками, мм				
				100	200	100	200	200
				Время $t$ , мин				
Бумага, картон толщиной до 1 мм	По отверстиям			0,05	0,07	0,08	0,10	0,20
	По шпиль- кам	$h$ ,	30	0,09	0,12	0,12	0,17	0,20
		мм	50	0,10	0,15	0,15	0,19	0,25
Резина толщиной до 3 мм	По отверстиям			0,305	0,07	0,07	0,09	0,10
	По шпиль- кам	$h$ ,	30	0,07	0,10	0,10	0,13	0,20
		мм	50	0,08	0,11	0,11	0,15	0,17

Примечание. Приведенные в таблице нормы времени предусматривают выполнение следующих приемов работы: 1) взять прокладку; 2) установить прокладку по отверстиям или на шпильки.

Таблица 3.14

## Нормы времени на установку призматических шпонок

Сечение шпонки, $a \cdot b$ мм	Длина шпонки $l$ , мм							
	20	30	40	50	60	70	80	90
	Время $t$ , мин							
5x5 6x5 8x5	0,25	0,28	0,30	0,32	0,35	0,38	0,40	–
10x7 12x8 14x9	–	–	0,34	0,36	0,39	0,41	0,44	0,49
16x10 20x12	–	–	–	0,40	0,43	0,45	0,48	0,52

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) взять шпонку и напильник (шкурку); 2) зачистить заусенцы напильником или шкуркой; 3) установить шпонку с применением молотка; 4) отложить инструмент.



Таблица 3.15

## Нормы времени на установку пружин

Диаметр пружины, мм	Длина шпонки $l$ , мм				
	30	50	100	150	200
	Время $t$ , мин				
10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,12
20	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12
30	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14
50	0,08	0,09	0,10	0,14	0,16

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) взять пружину; 2) установить пружину.

При неудобном выполнении работы табличные нормы времени умножаются на коэффициент  $K = 1,1 \div 1,35$ .

Таблица 3.16

## Нормы времени на установку упорных колец

Диаметр $d$ кольца, мм	Длина кольца $b$ , мм				
	10	20	30	40	50
	Время $t$ , мин				
50	0,64	0,72	0,90	1,08	1,26
60	0,72	0,82	1,00	1,26	1,44
80	0,90	1,08	1,31	1,52	1,80
100	0,08	1,35	1,62	1,98	2,44

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) взять упорное кольцо; 2) установить упорное кольцо на вал; 3) закрепить стопорные винты отверткой.

Таблица 3.17

Нормы времени на установку деталей на вал со шпонкой вручную  
при помощи молотка

Масса насаживаемой детали, кг												
До 3			4–6			7–10			11–16			
Поперечное сечение, мм												
Длина пути прохода шпонки $l$ , мм	5x5	6x5	8x6	10x7	12x8	14x9	16x10	18x11	24x1	24x14	28x16	
	Время насадки на длину $l = 10$ мм (в мин)											
20	1,25	1,50	1,70	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	1,00	1,20	1,32	1,50	-	-	2,00	-	-	-	-	
40	0,85	1,00	1,15	1,30	1,40	1,57	1,70	-	-	-	-	
50	0,76	0,92	1,00	1,15	1,28	1,40	1,57	1,75	-	-	-	
60	0,68	0,84	0,92	1,05	3,17	1,30	1,40	1,60	1,90	-	-	
70	-	0,77	0,86	0,97	1,08	1,18	1,28	1,48	1,75	2,00	-	
85	-	0,58	0,78	0,87	0,98	1,05	1,18	1,30	1,60	1,80	2,20	
100	-	0,52	0,70	0,80	0,90	0,98	1,08	1,20	1,45	1,68	2,00	
125	-	-	-	0,70	0,87	0,87	0,95	1,07	1,30	1,50	1,75	
150	-	-	-	0,64	0,70	0,78	0,85	0,98	1,18	1,35	1,60	

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) взять со стола деталь, находящуюся на расстоянии до 1 м; 2) насадить деталь на шпонку при помощи молотка; 3) проверить установленную деталь.

Таблица 3.18

## Нормы времени на установку шплинтов с разводкой концов вручную

Условный диаметр $D$ шплинта (диаметр отверстия), мм	Диаметр шплинта $d$ , мм	Длина шплинта $l$ , мм			
		Время $t$ на установку одного шплинта, мин			
3	2,7	0,140	0,15	0,155	0,16
4	3,6	0,185	0,20	0,210	0,22
5	4,6	0,230	0,25	0,260	0,27
6	5,6	–	0,30	0,315	0,33

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) взять шплинт с верстака и молоток; 2) прочистить отверстие; 3) установить шплинт в отверстие и забить; 4) развести концы.

Таблица 3.19

## Норма времени на напрессовывание конических штифтов вручную

Диаметр штифта $d$ , мм	Длина штифта $l$ , мм					
	10	15	20	30	40	50
	Время $t$ , мин					
3	0,15	0,17	0,19	0,21	-	-
5	-	-	0,21	0,23	0,26	0,28
8	-	-	-	0,29	0,32	0,34
10	-	-	-	-	0,36	0,39

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы; 1) взять молоток, взять штифт и вставить его в отверстие; 2) запрессовать штифт (легким ударом молотка); 3) отложить молоток.

Таблица 3.20

## Нормы времени на установку штифтов в глухих отверстиях

Диаметр штифта $d$ , мм	Длина штифта $l$ , мм				
	32	40	60	85	100
	Время $t$ , мин				
6,5	0,41	0,45	0,53	0,64	–
8	0,47	0,52	0,60	0,70	–
13	–	0,73	0,84	0,90	–
16	–	–	0,94	1,02	1,14
29	–	–	–	1,18	1,30

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) взять молоток, взять штифт и вставить его в отверстие; 2) запрессовать штифт (легким ударом молотка); 3) надеть шайбу и завернуть гайку; 4) отложить молоток.

Таблица 3.21

## Норма времени на запрессовывание втулок вручную молотком

Диаметр втулки $d$ , мм	Диаметр втулки $l$ , мм							
	30	40	50	60	70	80	90	100
	Время на запрессовывание одной втулки $t$ , мин							
20	1,40	1,70	2,00	2,29	-	-	-	-
30	1,70	2,08	2,40	2,70	3,00	3,30	3,60	
40	1,90	2,30	2,70	3,05	3,40	3,70	4,00	4,30
50	2,10	2,50	3,00	3,35	3,70	4,05	4,40	4,80
60	2,26	2,70	3,23	3,60	4,00	4,35	4,75	5,20
70	2,42	2,90	3,46	3,85	4,30	4,65	5,10	5,60
80	2,55	3,05	3,65	4,05	4,55	4,90	5,40	5,90
90	2,65	3,15	3,80	4,20	4,70	5,10	5,60	6,10
100	2,80	3,40	4,00	4,40	5,00	5,40	6,00	6,40

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) взять втулку и установить на отверстие; 2) взять молоток и подкладку; 3) запрессовать втулку; 4) положить инструмент на место.

Таблица 3.22

## Нормы времени на запрессовывание подшипника качения

Диаметр запрессовки $D$ , мм	Длина запрессованной части, мм					
	30	40	50	60	80	100
20	0,35	-	-	-	-	-
30	0,40	0,45	-	-	-	-
40	0,45	0,50	0,55	-	-	-
50	0,50	0,55	0,60	0,66	-	-
60	0,55	0,60	0,65	0,72	0,82	-
80	0,68	0,74	0,80	0,86	0,98	1,12
100	-	0,85	0,92	1,00	1,15	1,30
120	-	-	1,06	1,14	1,31	1,48
140	-	-	-	1,28	1,48	1,68
150	-	-	-	1,42	1,64	

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) протереть сопрягаемые поверхности и смазать маслом; 2) взять оправку и подшипник и установить подшипник в гнезде; 3) запрессовать подшипник; 4) отложить оправку.

Таблица 3.23

## Норма времени на завертывание винтов вручную отвертками

Диаметр винта $D_B$ , мм	Длина завертывания, мм					
	10	15	20	30	40	50
	Время	на завертывание одного винта $t$ , мин				
3	0,5	0,68	0,87	-	-	-
4	0,43	0,6	0,76	1,05	-	-
5	0,39	0,54	0,68	0,95	1,2	-
6	0,36	0,5	0,64	0,9	1,1	-
7	0,32	0,45	0,57	0,8	1,0	1,25
10	0,29	0,40	0,52	0,72	0,9	1,08
12	0,36	0,50	0,62	0,88	1,1	1,3
14	0,41	0,57	0,73	1,0	1,3	1,5
16	-	0,66	0,84	1,15	1,5	1,7
18	-	0,76	0,94	1,3	1,7	2,0
20	-	-	1,05	1,48	1,85	2,2

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) взять винт, вставить в отверстие и вернуть от руки; 2) наложить отвертку; 3) завернуть винт и закрепить.

Таблица 3.24

## Нормы времени на заворачивание болтов ключом вручную

Диаметр болта $D$ , мм	Длина заворачивания, мм					
	15	20	25	30	40	50
	Время на заворачивание одного болта					$t_i^*$ мин
6	0,24	0,4	0,47	0,53	-	-
8	0,29	0,34	0,4	0,44	0,53	-
10	0,26	0,31	0,37	0,4	0,48	0,56
12	0,3	0,36	0,42	0,47	0,56	0,64
14	0,35	0,42	0,48	0,54	0,65	0,75
16	-	0,46	0,53	0,6	0,72	0,83
18	-	0,5	0,58	0,66	0,8	0,92
20	-	0,55	0,63	0,72	0,86	1,0

$t_i^* = t_1 \cdot k$ . Коэффициент  $k$  приведен в табл. 3.25.

Таблица 3.25

Коэффициент  $k$  (для болтов)

Переменные факторы	Коэффициент $k$	Переменные факторы	Коэффициент $k$
1. Вид резьбы		3. Характер заворачивания	
Метрическая	1,0	При 1/4 оборота ключа	
Дюймовая	0,9		1,25
2. Удобство		При 1/2 оборота ключа	
выполнения работы			1,0
Удобное		При 3/4 оборота ключа	
Неудобное	1,00		0,8
	1,1 ÷ 1,35		

Таблица 3.26

## Время на наворачивание гаек ключом вручную

Диаметр гайки, мм	Длина наворачивания, мм					
	15	20	25	30	40	50
	Время на завертывание одного гайки, мин					
6	0,33	0,37	0,41	0,44	-	-
8	0,29	0,33	0,36	0,39	0,44	-
10	0,25	0,28	0,32	0,34	0,39	0,43
12	0,27	0,31	0,34	0,37	0,42	0,46
14	0,29	0,33	0,36	0,39	0,44	0,5
16	-	0,35	0,36	0,42	0,47	0,52
18	-	0,37	0,42	0,45	0,51	0,56
20	-	0,38	0,43	0,47	0,53	0,59

$$t_1^* = t_1 \cdot k.$$

Таблица 3.27

Коэффициент  $k$  (для гаек)

Переменные факторы	Коэффициент $k$	Переменные факторы	Коэффициент $k$
1. Вид резьбы		3. Характер завертывания	
Метрическая	1,0	При 1/4 оборота ключа	
Дюймовая	0,9		1,25
2. Удобство		При 1/2 оборота ключа	
выполнения работы			1,0
Удобное		При 3/4 оборота ключа	
Неудобное	1,00		0,8
	1,1 ÷ 1,35		

Примечание. Приведенными в таблице нормами времени предусматривается выполнения следующих приемов работы: 1) взять гайку, надеть на болт и завернуть от руки; 2) взять ключ; 3) завернуть гайку с креплением.

## 5. Вопросы для самоконтроля

### 5.1. При расчете ГНВ сборки учитывают

- $T_o$ ;
- $T_{\epsilon}$ ;
- $T_{об}$ ;
- $T_{отд}$ ;
- это не те показатели.

5.2. Какой из перечисленных ниже отрезков времени максимально влияет на  $T_{ум}$ :

- $T_o$ ;
- $T_{в}$ ;
- $T_{об}$ ;
- $T_{отд}$ .



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В.В. Лабораторные работы по технологии машиностроения / В.В. Данилевский // Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1974. – 240 с.
2. Данилевский В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат // Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1988. – 222 с.
3. Лабораторный практикум по технологии машиностроения / Под ред. В.В. Бабука. // Учеб. пособие. – Минск: Высш. шк., 1983. – 220 с.
4. Скраган В.А. Лабораторные работы по технологии машиностроения / В.А. Скраган, И.С. Амосов, А.А. Смирнов // Учеб. пособие. – Л.: «Машиностроение», 1974. – 192 с.
5. Ищуткин В.И. Настройка металлорежущих станков / В.И. Ищуткин. – М.: Машгиз, 1960. – 106 с.
6. Технологія машинобудування: Підручник / П.П. Мельничук, І.А. Баровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Кетранов. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 836 с.
7. Збірник задач і вправ з технології машинобудування. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 314 с.
8. Справочник технолога машиностроителя в 2-х томах / Под ред. Дальского Д.М. – М.: Машиностроение, 2001. – 944 с.

## Приложение

Одесский национальный политехнический университет

ИПТДМ

Кафедра технологии машиностроения

Предмет \_\_\_\_\_

Протокол

Проведения занятия « \_\_\_\_\_ »

(Наименование занятия)

Выполнил (ли) студент (ы) группы \_\_\_\_\_

(№ группы)

Руководитель: \_\_\_\_\_

(Ф.И.О)

1. Цель работы: \_\_\_\_\_

2. Задание: \_\_\_\_\_

3. Чертежи (схемы и др.): \_\_\_\_\_

4. Расчетные данные по заданию: \_\_\_\_\_

5. Графики или диаграммы: \_\_\_\_\_

6. Выводы: \_\_\_\_\_

7. Ответы на тесты: \_\_\_\_\_

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
1. Охрана труда и безопасности при выполнении работ .....	5
2. Общий раздел технологий .....	8
2.1. Отработка конструкции детали на технологичность .....	8
2.2. Расчет припусков и промежуточных размеров (табличный метод) .....	19
2.3. Настройка фрезерного станка на размер (статическая настройка) .....	28
2.4. Определение режимов резания при механической обработке.	37
2.5. Определение нормы времени на операцию фрезерования ....	49
2.6. Анализ заводского технологического процесса механической обработки типовой детали .....	60
2.7. Исследование группового технологического процесса .....	74
2.8. Экономический анализ варианта технологического процесса (операции, метода обработки) .....	85
2.9. Выбор наиболее экономичного варианта технологического процесса (операции) .....	95
3. Раздел технологии сборки .....	102
3.1. Сборка сборочной единицы с использованием методов пригонки и регулирования .....	102
3.2. Разработка технологической схемы сборки .....	109
3.3. Разработка технологического процесса сборки .....	122
3.4. Нормирование процесса сборки .....	133
Список литературы .....	152
Приложение .....	153

*Учебное издание*

**Георгий Петрович Кремнев**  
**Василий Михайлович Колесник**  
**Федор Васильевич Новиков**  
**Игорь Александрович Рябенков**

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ  
ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

*Учебное пособие*

Ответственный за выпуск

**Кремнев Г.П.**

Авторская редакция

Подписано к печати 14.01.2014. Формат 60 84/16. Бумага офсетная.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,07. Тираж 300 экз. Заказ № 02.

ООО «С.А.М.»

Свидетельство о госрегистрации ДК 1105 от 31.10.2002 г.

Отпечатано в типографии ООО Издательство «С.А.М.»

Украина, г. Харьков, ул. Пушкинская, 51-б  
Тел.: (057) 716-35-39