

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



15.03.01 «Машиностроение»

Вариант –

Проектирование механосборочных цехов

3-

_____ (Ф.И.О.)

« ». .20

Козлов Виктор Николаевич.

Томск – 2020

Содержание

1. Исходные данные.....	3
2. Проектирование технологического процесса обработки.....	4
2.1 Расчет коэффициентов приведения	5
2.2 Расчет трудоемкости изготовления деталей	5
2.3 Расчет общей трудоемкости изготовления всей номенклатуры деталей	6
3. Расчет количества станков	7
4. Расчет потребной площади участка.....	7
5. Расчет количества работающих.....	8
Список литературных источников	

1 Исходные данные

Исходными данными для проектирования цеха являются:

- рабочие чертежи **всех** деталей, обрабатываемых в проектируемом цехе, с их годовыми программами;
- количество рабочих смен в сутки - 2 смены.

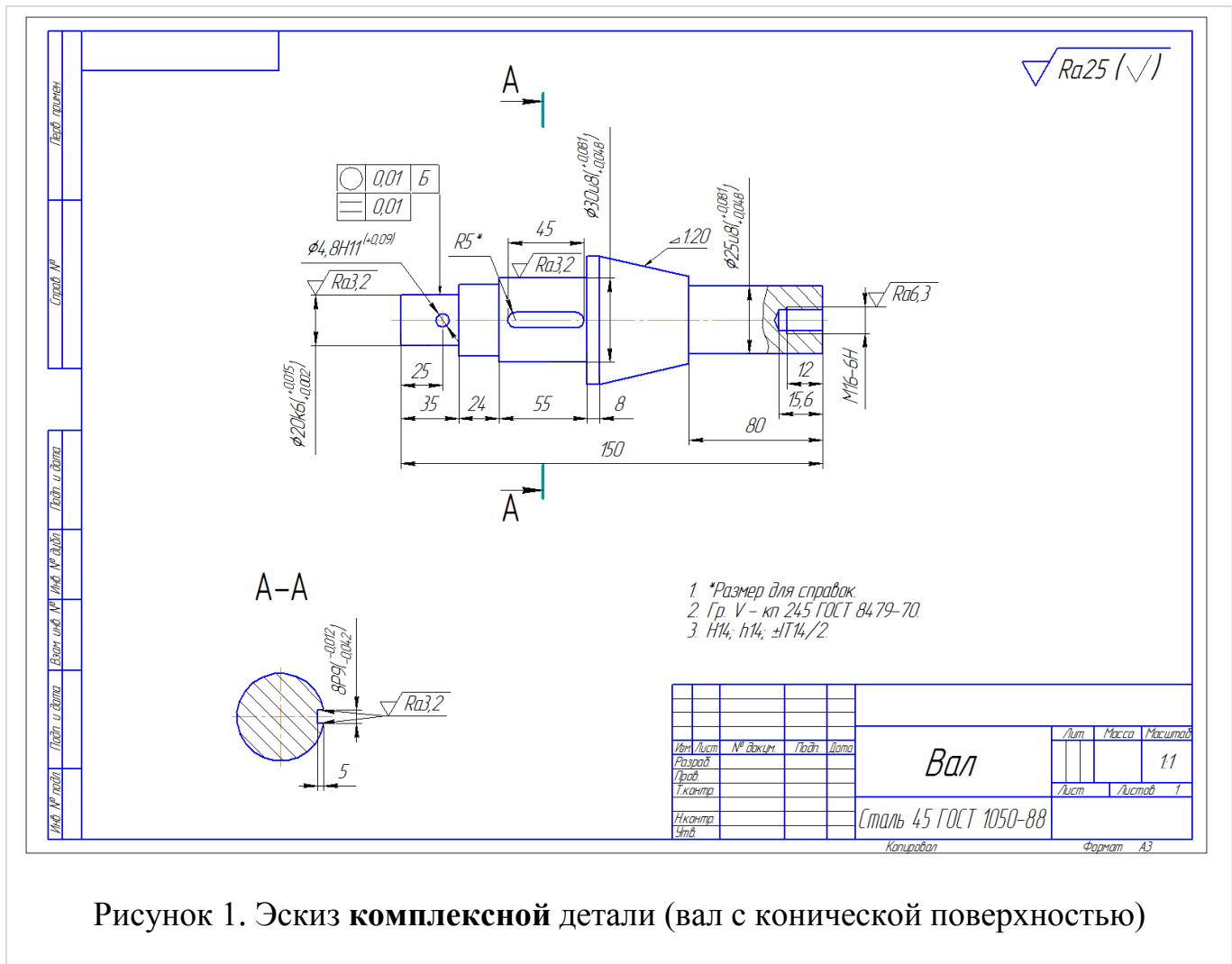


Рисунок 1. Эскиз комплексной детали (вал с конической поверхностью)

1. Чертим чертёж (эскиз) комплексной детали (рис. 1).

2. Проектирование технологического процесса обработки комплексной детали

Для комплексной детали (детали-представителя) составляем маршрут обработки, определяем состав операций, применяемое оборудование и штучно-

калькуляционное время для каждой операции. Для данной детали вал выполняются следующие операции (табл. 1).

Таблица 1

Состав техпроцесса и продолжительность технологических операций **комплексной** детали ~~детали-представителя~~ рассматриваемой группы КТС, выполняемых в **проектируемом** цехе

№ операции	Наименование операции	t _{шт.} , мин.	Модель станка	Габариты станка
015	Токарная с ЧПУ	6,7	16K20Ф3	3360x1710x750
020	Фрезерная	2,2	6P83	2560x2260x1770
025	Шлифовальная	5,7	3M150	2500x2220x1920
	T _{шт.-к. цех}	14,6		

Данные по комплексной детали записываем в табл. 2 в строку №1 (деталь №0).

3. Рассчитываем трудоёмкость обработки всех деталей в группе КТС и результаты заносим в табл. 2.

3.1. Расчёт коэффициентов приведения

3.1.1. Рассчитываем коэффициент приведения по **массе** (по весу)

Для геометрически подобных деталей

$$K_{Mi} = \sqrt[3]{\frac{M_i^2}{M_n^2}}, \quad (1)$$

где M_i – вес рассматриваемой детали, кг;

M_n – вес детали-представителя, кг.

Определяем коэффициенты по весу для всех деталей и заполняем столбец № 3.

Таблица 2

Расчет трудоемкости изготовления годовой
программы выпуска всех деталей,
обрабатываемых в проектируемом цехе

№ п/п	Вес детали, М, кг	Коэффициент приведения детали по весу, K_m, i	Программа выпуска детали, N, шт.	Коэффициент приведения детали по серийности, $K_{ср}, i$	Средний квалитет детали и коэффициент точности	Средняя шероховатость детали, мкм. и коэффициент шероховатости	Коэффициент приведения детали по сложности, $K_{ср}, i$	Общий коэффициент приведения детали	$T_{шт.-к. цех, мин}$	Трудоемкость изготовления партии деталей, час
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1,8	1	900	1	12→0,9	10→0,95	1	1	14,6	-----
1	1,8	1	900	1	12→0,9	10→0,95	1	1	14,6	219,00
2	2,8	1,34	11500	0,97	11→1	5→1,0	1,17	1,52	22,20	4255,61
3	3,5	1,56	15800	0,97	7→1,2	2,5→1,1	1,54	2,33	34,02	7258,19
4	2,2	0,77	6500	0,97	9→1,1	1,25→1,2	1,54	1,15	16,79	1819,27
5	3,3	0,5	10200	0,97	12→0,9	10→0,95	1	0,49	7,08	1203,77
6	1,5	0,89	8000	0,97	7→1,2	2,5→1,1	1,54	1,33	19,41	2588,06
7	2,6	1,28	9000	0,97	11→1,2	0,63→1,4	1,64	2,04	29,73	4459,33
8	4,9	1,95	14000	0,97	10→1,1	5→1,0	1,17	2,21	32,31	7539,14
9	3,7	1,62	11000	0,97	8→1,1	10→0,95	1,22	1,92	27,99	5131,46
10	2,5	1,24	2000	0,97	10→1,1	1,25→1,2	1,4	1,68	24,59	819,51
									$\sum T_{шт.-к. N} = 35293,35$	

Замечания по табл. 4:

1. Вес **М** комплексной детали (в первой строке деталь № **0**), столбец 2, должен быть **наибольший** по сравнению с весом остальных деталей в

группе конструктивно-технологического сходства (**КТС**). Т.е. вместо **1,8** указать **4,9**;

2. Программа выпуска **N** комплексной детали (столбец 4, деталь 0) должна быть **наибольшей** по сравнению с весом остальных деталей в группе **КТС**. Т.е. вместо **900** указать **15800**;

3. **Средний квалитет** комплексной детали (столбец 6, деталь 0) должна быть **наименьшей** по сравнению со средним квалитетом остальных деталей в группе **КТС**. Т.е. вместо **12** указать **7**;

4. **Средняя шероховатость** комплексной детали (столбец 7, деталь 0) должна быть **наименьшей** по сравнению со средней шероховатостью остальных деталей в группе **КТС**. Т.е. вместо **10** мкм указать **0,63** мкм.
Обычно шероховатость должна соответствовать квалитету: для 14-13 квалитета $R_z \leq 60$ мкм; для 12-11 квалитета $R_a \leq 10$ мкм; для 10 квалитета $R_a \leq 6,3$ мкм; для 9-8 квалитета $R_a \leq 2,5$ мкм; для 7 квалитета $R_a \leq 1,25$ мкм; для 6 квалитета $R_a \leq 0,63$ мкм.

В указанном примере **не может быть**, чтобы у детали № 7 для среднего квалитета **11** был средний квалитет $R_a = 0,63$ мкм. → шероховатость должна быть $R_a = 10$ мкм;

Для **комплексной детали** (строка с деталью № 0) должно быть указано: ср. квалитет **7**, средняя шероховатость $R_a = 1,25$ мкм;

5. Общая трудоёмкость $\sum T_{шт-к N} = 35293,35$ ч, что **меньше требуемых** по условию выполнения в учебных целях **42000** ч.

3.1.2. Рассчитываем коэффициент приведения по серийности производства.

Для этого берется отношение программы детали-представителя к программе изготовления рассматриваемой детали. Чем больше программа рассматриваемой детали, тем более механизированное приспособление можно

применить для установки и закрепления детали, поэтому меньше времени будет уходить на переналадку в расчете на одну деталь.

Для среднего машиностроения можно применять следующие коэффициенты:

если $N_{\text{пр}} / N_i \leq 0,5$, то $K_{\text{сер}i} = 0,97$;

если $N_{\text{пр}} / N_i = 1$, то $K_{\text{сер}i} = 1,00$;

если $N_{\text{пр}} / N_i = 2$, то $K_{\text{сер}i} = 1,12$;

если $N_{\text{пр}} / N_i = 4$, то $K_{\text{сер}i} = 1,22$;

если $N_{\text{пр}} / N_i = 8$, то $K_{\text{сер}i} = 1,28$;

если $N_{\text{пр}} / N_i \geq 10$, то $K_{\text{сер}i} = 1,37$.

Например, для детали №3: $N_{\text{компл}}/N_{i=3} = 900/15800 = 0,06$. Поэтому $K_{\text{сер}} = 0,97$.

Определяем коэффициенты по серийности для всех деталей и заполняем столбец № 5.

3.1.3. Рассчитываем коэффициент приведения по сложности

$$K_{\text{сл.}i} = (K_{Ti}/K_{Tn}) \cdot (K_{Ri}/K_{Rn}), \quad (2)$$

где K_{Ti} – коэффициент точности рассматриваемой детали, определяется из табл. 2 в соответствии со средним качеством;

K_{Tn} – коэффициент точности детали-представителя, определяется в соответствии со средним качеством детали-представителя;

K_{Ri} – коэффициент шероховатости рассматриваемой детали, определяется из табл. 3 в соответствии со средней шероховатостью;

K_{Rn} – коэффициент шероховатости детали-представителя, определяется из табл. 3.

Таблица 3

Средний квалитет	6	7	8	11	12	13
k_T	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8

Таблица 4

Шероховатость, мкм	0,63	1,25	2,5	5	10	20
K_{Ra}	1,4	1,2	1,1	1,0	0,95	0,9

Определяем коэффициенты по сложности для всех деталей и заполняем столбец № 8.

3.1.4. Рассчитываем общий коэффициент приведения:

$$K_{Pi} = K_{Mi} \cdot K_{сер.i} \cdot K_{сл.i}. \quad (3)$$

Рассчитываем **общий коэффициент приведения** для всех деталей и заполняем столбец № 9.

3.1.5. Расчет трудоемкости изготовления деталей

Определяем трудоемкость изготовления одной детали (для деталей в рассматриваемой группе конструктивно-технологического сходства) через общий коэффициент приведения этой детали и трудоемкость детали представителя:

$$T_{шт.i} = K_{Pi} \cdot T_{шт.п.} \quad (4)$$

Рассчитываем трудоёмкость обработки **одной** детали для всех деталей и заполняем столбец № 10.

3.1.6. Определяем трудоемкость изготовления всей партии рассматриваемой детали:

$$T_{Ni} = T_{шт.-к.i} \cdot N_i \quad (5)$$

Рассчитываем трудоёмкость обработки **годовой программы** для всех деталей и заполняем столбец № 11.

3.1.7. Расчет общей трудоемкости изготовления всей номенклатуры деталей

После заполнения табл. 2 рассчитывается общая трудоемкость изготовления всех деталей:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n=10} T_{Ni} \cdot (6)$$

Для учебной деятельности должно быть $T_{\Sigma} \geq 40000$ часов при двухсменной работе.

Рассчитываем **общую трудоемкость** изготовления всей номенклатуры деталей и в табл. 2 в столбце №11 внизу указываем $\sum T_{шт-к N} = 35293,35$ ч

4. Расчет количества станков

Для расчета оборудования сначала определим процентное соотношение трудоемкости для станков каждой модели в техпроцессе для детали-представителя. Примерно такое же соотношение станков будет и для других деталей, поскольку они входят в одну группу технологического сходства.

4.1. Определяем коэффициент использования модели станка

(соотношение общего штучно-калькуляционного времени для каждой модели оборудования):

- $16K20\Phi3 \alpha_{16K20\Phi3} = 6,7 / 14,6 = 0,45;$
- $6H82 \alpha_{6P83} = 2,2 / 14,6 = 0,15;$
- $3M150 \alpha_{3M150} = 5,7 / 14,6 = 0,39;$

Проверка: $\sum \alpha = 1.$

В нашем случае расчетное (C_p) и принятое (C_n) количество станков при фонд времени работы 1 станка при **двухсменной** работе ($F_{д2}=4015$ ч):

$16K20\Phi3: C_p = (\sum T_{Ni} / F_{дм}) \cdot \alpha_{16K20\Phi3} = (35293,35 : 4015) \cdot 0,45 = 3,9; C_n_{16K20\Phi3} = 4.$

$6H82: C_p = (\sum T_{Ni} / F_{дм}) \cdot \alpha_{6P83} = (35293,35 : 4015) \cdot 0,15 = 1,3; C_n_{6P83} = 2.$

$3M150: C_p = (\sum T_{Ni} / F_{дм}) \cdot \alpha_{3M150} = (35293,35 : 4015) \cdot 0,39 = 3,4; C_n_{3M150} = 4.$

4.2. Рассчитываем общее количество оборудования на участке:

$C = \sum C_{pi} = 4 + 2 + 4 = 10$ шт.

5. Расчет потребной площади участка

Определяем ориентировочно площадь участка (F), необходимую для размещения основного оборудования:

$$F = \sum_{i=1}^k f_i \cdot C_{in}; (7)$$

- где k – количество моделей станков; C_{in} – принятое количество станков i -й модели; f_i – удельная площадь для размещения станков i -й модели, m^2 .

Большая удельная площадь используется для мелкосерийного производства, меньшая – для массового и крупносерийного.

В нашем случае используется, в основном, среднее оборудование, поэтому принимаем $f = 20 \text{ м}^2/\text{станок}$.

$$F_{np} = f \cdot \sum C_{np},$$

Тогда требуемая площадь для размещения 10 единиц оборудования ориентировочно составит **180** m^2 . $\leftarrow$ **200** m^2 .

Для размещения комнат мастера (начальника цеха), технолога, вспомогательных систем дополнительно требуется от 10% до 30% площади, занятой под основное оборудование (меньший процент для крупных цехов и участков). При выполнении контрольного задания проектируется очень мелкий цех (количество станков менее 20), все вспомогательные службы будут размещены на первом этаже территории цеха (участка), поэтому дополнительная площадь должна быть 100 %, тогда

$$F_{доп} = F \cdot 1 = 180 \cdot 1 = \text{180} \text{ м}^2. \leftarrow \text{200} \text{ м}^2$$

Для возможности размещения дополнительного оборудования в будущем добавляем **площадь для 4 станков**

$$F_{резерв} = 4 \cdot 20 = \text{80} \text{ м}^2$$

Для проездов и проходов добавляем площадь

$$F_{проездов} = \text{кол-во проездов} \times 75 \text{ м}^2 = \text{1} \times 75 \text{ м}^2 = 75 \text{ м}^2 \text{ (при одном проезде)}$$

Таким образом, общая площадь под участок в нашем примере ориентировочно составит:

$$F_{общ} = F + F_{доп} + F_{резерв} + F_{проездов} = 200 + 200 + 80 + 75 = 555 \text{ м}^2.$$

При **одном** проезде ширина цеха ориентировочно 16 м
($B_{\text{цеха}} = 16\,000 \text{ мм} = 16 \text{ м}$), тогда длина цеха **ориентировочно**
 $L_{\text{цеха}} = F_{\text{общ}}/B_{\text{цеха}} = 555/16 \approx 35 \text{ м}$.

При **2-х проездах** $F_{\text{проездов}} = \text{кол-во проездов} \cdot 75 \text{ м}^2 = 2 \cdot 75 \text{ м}^2 = 150 \text{ м}^2$.

$F_{\text{общ}} = F + F_{\text{доп}} + F_{\text{резерв}} + F_{\text{проездов}} = 200 + 200 + 80 + 150 = 630 \text{ м}^2$.

При **2-х проездах** ширина цеха ориентировочно 30 м ($B_{\text{цеха}} = 30\,000 \text{ мм} = 30 \text{ м}$), тогда длина цеха **ориентировочно** $L_{\text{цеха}} = F_{\text{общ}}/B_{\text{цеха}} = 630/30 = 21 \text{ м}$.

При выполнении планировки длина и ширина цеха **могут быть и больше** для соблюдения норм размещения оборудования и удобства работы.

6. Рисуем структуру управления цеха

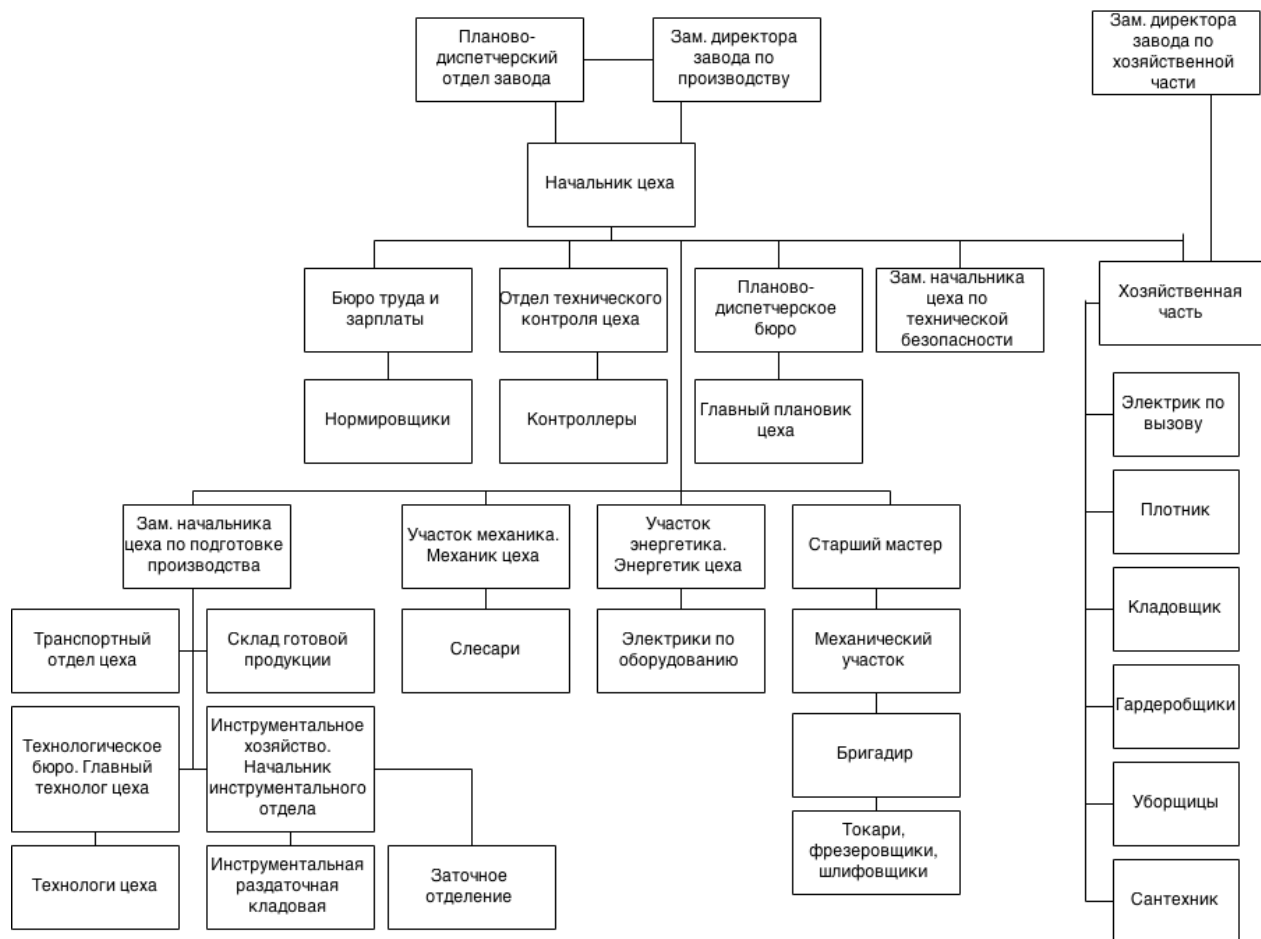


Рис. 2. Структура службы подготовки и управления производством небольшого цеха

Замечание: структура слишком сложная для малого цеха, много лишних позиций.

7. Расчет количества работающих

Расчет количества рабочих, занятых в основном производстве:

- по трудоемкости работ:

$$R = \frac{T}{F_d \cdot K_M}, \quad (8)$$

где F_d – действительный (расчетный) годовой фонд времени рабочего, ч;

K_m – коэффициент многостаночного обслуживания, учитывающий среднее число станков, которых обслуживает один рабочий. Для универсальных токарных, сверлильных и других станков примем $K_m = 1$.

$$R = \frac{35293}{4015 \cdot 1} = 9 \quad (9)$$

- по рабочим местам:

$R=10$ человек

Расчет количества вспомогательных рабочих

- по трудоемкости работ:

$$R_{\text{вспомог}} = 25\% \text{ от } R \quad (10)$$

$$R_{\text{вспомог}} = 0,25 \cdot 9 = 2,25$$

- по рабочим местам:

Принимаем 4 человека.

Расчет количества служащих

- по трудоемкости работ:

$$R_{\text{ИТР+СКП}} = (12+5)\% \text{ от } R \quad (11)$$

$$R_{\text{ИТР+СКП}} = 0,17 \cdot 9 = 1,5$$

- по рабочим местам:

$$R_{\text{ИТР+СКП}} = 4 \text{ человека.}$$

Расчет младшего обслуживающего персонала

- по трудоемкости работ:

Принимаем 1 человека.

- по рабочим местам:

Принимаем 1 человека.

Результаты расчетов заносим в таблицу 3.

Таблица 5 - Расчет количества работающих

	По трудоемкости работ	По рабочим местам в 1 смене	По рабочим местам в 2-х сменах
Основные рабочие	9	10	22
Вспомогательные рабочие	3	4	18
Служащие	2	4	4
Младший персонал	1	1	2
Итого	15	19	46

Список литературных источников

1. Козлов В.Н. Проектирование механосборочных цехов: учебное пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 141 с.
2. Мельников Г.Н. Проектирование механосборочных цехов: учебник / Г.Н. Мельников, В.П. Вороненко. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
3. Проектирование механосборочных цехов: метод. указ. по выполнению лабораторных работ / сост. В.Н. Козлов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 23 с.
4. Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов: учебник / В.П. Вороненко, Ю.М. Соломенцев, А.Г. Схиртладзе. – 2-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2006. – 380 с.