

РЕФЕРАТ

Текст пояснительной записки состоит из ____ страниц основного текста и ____ страниц приложения, ____ таблиц, ____ рисунков, ____ использованных источников. Графическая часть состоит из ____ чертежей формата А1, ____ чертежа формата А2.

Целью дипломного проектирования по технологии машиностроения является закрепление и углубление полученных знаний, пополнения их новыми достижениями современной прогрессивной технологии и применение новейшего оборудования. Изучение систем автоматизации и механизации технологических процессов, накопления опыта самостоятельной инженерной деятельности по разработке технологии механической обработки детали повышенной точности, конструирование технологической оснастки, режущего инструмента и контрольного приспособления.

Графическая часть проекта состоит из рабочего чертежа переходника топливного насоса, заготовки, чертежей приспособлений станочного для фрезерования контура и контрольного для проверки радиального биения, планировки оборудования на участке, чертежа цеха, плаката по спецзаданию.

Альбом технологических карт оформлен отдельным томом. Он включает разработку технологического процесса обработки лопатки рабочей первой ступени КНД.

ЛОПАТКА РАБОЧАЯ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ КНД, СПЛАВ ВТЗ-1, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ПЛАН ОБРАБОТКИ, РЕЖИМ РЕЗАНИЯ, НОРМА ВРЕМЕНИ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ,
ЕДИНИЦ, СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ

РТК	Расчетно-технологическая карта
МОП	Маршрут обработки поверхности
УП	Управляющая программа
ППТК	Последовательность показателей точности и качества
СОЖ	Смазочно-охлаждающая жидкость
ТО	Термическая обработка
ТТ	Технические требования

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ, СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ	4
СОДЕРЖАНИЕ	5
1.2 Выбор типа производства и формы организации работ	11
Действительный годовой фонд времени $F_d=4015$ часов	11
1.4 Выбор и обоснование технологических баз	15
1.5 Проектирование плана обработки.....	17
1.5.1 Анализ технологичности конструкции.....	17
1.5.2 Проектирование маршрута обработки поверхностей.....	20
1.5.3 Разработка маршрута изготовления детали (МИД).....	24
1.5.4 Расчет межоперационных припусков и технологических размеров	24
1.6 Расчет режимов резания	30
1.6.1 Операция 20. Горизонтально-протяжная	30
1.6.2 Операция 25. Горизонтально-протяжная.....	30
1.6.3 Операция 40. Фрезерная с ЧПУ.....	31
1.6.4 Операция 175. Плоско-шлифовальная	33
1.7 Нормирование операций.....	34
1.7.1 Операция 20. Горизонтально-протяжная	34
1.7.2 Операция 25. Горизонтально-протяжная	35
1.7.3 Операция 40. Фрезерная с ЧПУ.....	35
1.7.4 Операция 175 – Плоско-шлифовальная	36
1.8 Описание и расчет РТК УП	38
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	41
2.1 Проектирование сверлильного приспособления	41
2.1.1 Описание конструкции и принципа работы	41
2.1.2 Расчет погрешности установки	41
2.1.3 Расчет приспособления на точность	43
2.1.4 Расчет необходимого усилия крепления заготовки.....	44
1.3 Расчет на прочность слабого элемента	45
2.2 Контрольное приспособление	45
3 ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ЧАСТЬ	47
3.1. Определение необходимого количества оборудования на участке	47
3.2 Описание планировки оборудования в цехе	49

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Описание конструкции и служебного назначения детали

В 70-е годы продолжался непрерывный рост объема перевозок пассажиров воздушным транспортом. Аэрофлоту необходимы были новые самолеты повышенной пассажироместимости для коротких и средних линий. Одним из таких ближнемагистральных самолетов должен был стать самолет Як-42.

Для этого самолета в ЗМКБ «Прогресс» был создан трехвальный турбореактивный двухконтурный двигатель Д-36 с большой степенью двухконтурности (5,6).

Д-36 был первым отечественным двигателем трехвальной схемы.

Для повышения надежности двигателя в его конструкции реализовано много прогрессивных технических решений:

- вентиляторные лопатки с высоким КПД и повышенной прочностью;
- усиленный композитом - углепластиком корпус вентилятора;
- упруго-масляные демпферы подшипниковых опор;
- титановое литье;
- раскатка валов и другие. Впервые в практике отечественного авиадвигателестроения в двигателе Д-36 была реализована модульная конструкция. Конструкция узлов позволяет осуществлять контроль за состоянием всех важных деталей в процессе эксплуатации, что создало принципиальную возможность перехода от ремонтов с фиксированными межремонтными ресурсами к эксплуатации по техническому состоянию с заменой модулей двигателя в условиях эксплуатации.

Конструкция двигателя Д-36 разработана с учетом требований резкого снижения уровня шума и ликвидации дымности выхлопа.

Двигатель имеет узлы универсальной подвески, которая позволяет устанавливать его на пилоны сверху или внизу крыла, на правый или левый пилон фюзеляжа либо в фюзеляже.

Предусмотрена возможность установки в выходной части наружного контура двигателя устройства реверса тяги.

Двигатель обладает простотой и технологичностью обслуживания, высокой контроле- и ремонтпригодностью.

Компрессор двигателя – осевой, трёхкаскадный. Состоит из сверхзвукового вентилятора, околосзвукового компрессора низкого давления и дозвукового компрессора высокого давления.

Промежуточный корпус служит для формирования переходного тракта от КНД к КВД, и тракта наружного контура, размещения агрегатов и приводов к ним, а также размещения передней опоры ротора КВД и передней подвески двигателя.

Камера сгорания состоит из корпуса, жаровой трубы, топливного компрессора с топливными форсунками и пусковых вспомогателей.

Турбина – трёхвальная, реактивная. Одноступенчатые турбины приводят во вращение компрессоры высокого и низкого давления, трёхступенчатая турбина – вентилятор.

Лопатка рабочая первой ступени КНД (рис. 1.1) работает на околозвуковом режиме. Предназначена она для формирования рабочей ступени компрессора вместе с рабочим диском.

Рабочие лопатки компрессора подвергаются воздействию центробежных и газодинамических сил, а также различных видов колебаний. Основными статическими напряжениями в лопатках являются напряжения растяжения и изгиба.

Запас статической прочности лопатки определяется по отношению к суммарным напряжениям растяжения и изгиба с учетом влияния естественной закрученности лопатки. В расчете запаса прочности учитывается повреждаемость лопатки при работе ее на различных режимах для всего заявленного ресурса.

Помимо постоянных напряжений, в рабочих лопатках компрессора возникают переменные напряжения, величина и распределение которых зависят от конструкции лопатки, характера и интенсивности возбуждения колебаний, а также средств деформирования.

Температура воздуха на входе в компрессор низкого давления равна $\pm 50^{\circ}\text{C}$. Рабочая температура металла первых ступеней КНД зависит от температуры засасываемого атмосферного воздуха. Рабочая температура металла рабочих лопаток последних ступеней КНД - $140 - 180^{\circ}\text{C}$.

В направляющих лопатках КНД изгибные напряжения составляют до 8 кгс/мм^2 , в рабочих не превышают 4 кгс/мм^2 , напряжения от центробежных сил (ЦБС) находятся в пределах $12 - 22 \text{ кгс/мм}^2$.

Направляющие и рабочие лопатки компрессоров испытывают коррозионное и эрозионное воздействие воздушного потока.

Рабочие лопатки компрессоров, кроме статических напряжений от ЦБС и изгибающих усилий от воздушного потока, испытывают также динамические напряжения.

Лопатка располагается на главном виде чертежа в соответствии с основной операцией технологического процесса.

Заводской чертёж даёт полное представление о конструкции детали, со всеми необходимыми размерами и сечениями. Однако чертеж не содержит всех данных, необходимых для изготовления и контроля изделия.

Выполнение чертежа соответствует всем требованиям стандартов ЕСКД.

Чертёж детали основан на требованиях к детали, устаревших ГОСТах по шероховатости обработки детали.

Предельные отклонения поверхностей указаны по старым ГОСТам.

Предельные отклонения формы и расположения поверхностей описаны в технических требованиях, тогда как их можно указать условными знаками на самом виде детали.

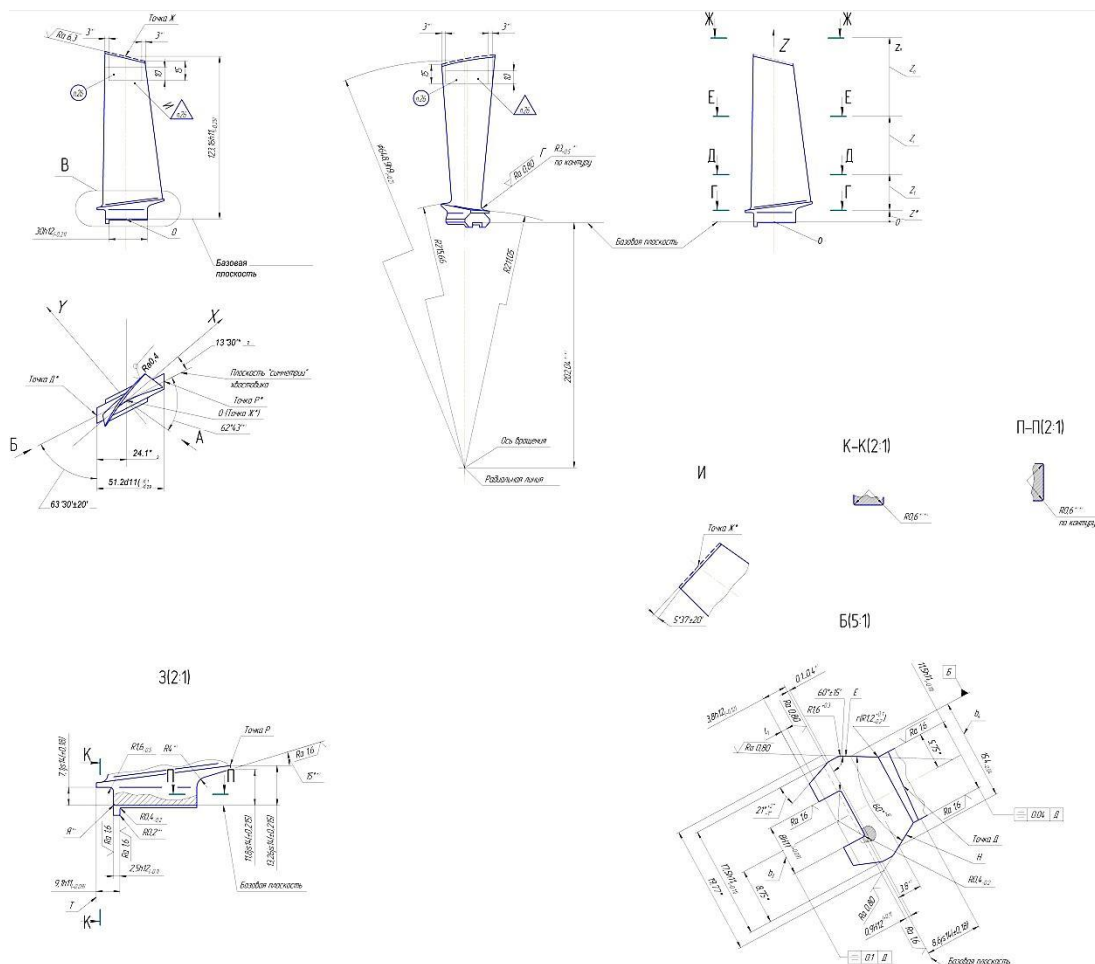


Рисунок 1.1 – Лопатка рабочая 1 ступени КНД

В ТТ не указано, паспортная деталь или нет, вид термической обработки, группу контроля после нее в соответствии с ОСТ1.90021-78, а также группу контроля заготовки по ОСТ1.90074-72.

Твердость указана не по стандарту.

Надписи над видами и сечениями выполнены не по ГОСТу, а с подчеркиванием и словом „Вид”. Так же неправильно проставлен масштаб возле выносных элементов.

Рассматриваемая деталь образована наружными и внутренними поверхностями (табл.1.1). Деталь также имеет галтели, выборки, проточки, канавки для входа и выхода инструмента.

Технологические данные.

Материал: сплав ВТ3-1 ГОСТ 19807-91

Заготовка – прокат круглого сечения $\varnothing 40\text{мм}$.

Сплав ВТ3-1 работает 6000 часов при температуре $t = 200-350^\circ\text{C}$, до 500 часов - при температуре $t = 500^\circ\text{C}$.

Свариваемость сплава происходит в вакууме. $\sigma_b = 980...1180\text{МПа}$.

Физические свойства сплава.

Удельное электросопротивление $t=20^\circ\text{C}$ $\rho \cdot 10^6 = 136 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

Коррозионная стойкость: устойчив в атмосферных условиях и морской воде.

Таблица 1.1 – Точность и шероховатость поверхностей.

Исполнительный размер, мм	Поле допуска, мм	Квалитет IT	Шероховатость Ra	Класс шероховатости
123,16	0,25	11	3,2	5
30	0,21	12	1,6	6
51,2	0,39	11	3,2	5
7,1	0,36	14	1,6	6
13,26	0,43	14	1,6	6
11,8	0,43	14	1,6	6
9,1	0,09	11	1,6	6
2,5	0,12	12	1,6	6
17,5	0,11	11	0,8	7
11,5	0,11	11	1,6	6
3,8	0,12	12	1,6	6
8,6	0,36	14	1,6	6
0,9	0,1	12	0,8	7
8	0,09	11	1,6	6

Коэффициент теплопроводности при $t=25^{\circ}\text{C}$, $\lambda=8.0$ Вт/м·град.

Удельная теплоемкость при $t=100^{\circ}\text{C}$ $C=0.461$ кДж/кг·град

Плотность при $t=20^{\circ}\text{C}$ $\rho=4500$ кгс/м³.

Назначение материала.

Материал используется для изготовления лопаток компрессора и др. деталей работающих при температуре $t=200-400^{\circ}\text{C}$.

Химический состав сплава приведен в табл.1.2.

Таблица 1.2 – Химические свойства сплава, мас%.

Ti	Al	Mo	Олово	Si	Zr
Основа	5,0...5,8	3,0...4,3	0,3..1,5	0,1..0,22	0,3...1,5
Не более					
H_2	C	Fe	O_2	N_2	Остальные примеси
0,015	0,1	0,3	0,15	0,03	0,3

В процессе изготовления детали проводится два вида термообработки: высокотемпературный и низкотемпературный отжиг.

Высокотемпературный отжиг делают для формирования структуры материала. Отжиг производится в печах при температуре $910\pm 10^{\circ}\text{C}$, с выдержкой

15мин ...1час 15 мин, охлаждение происходит на воздухе. Детали загружаются в реторты, в которых создают вакуум, для того чтоб сплав не сгорел.

Низкотемпературный отжиг производится для снятия напряжений, при температуре 590 ± 10 °С, и выдержке 1час 50мин ...3час. Детали загружаются в реторты, в которых создают вакуум, для того чтоб сплав не сгорел.

Механические свойства сплава, полученные после термообработки.

Предел прочности $\sigma_B \geq 1000..1200$ МПа

Относительное удлинение, не менее $\delta \geq 10$ %

Относительное сужение, не менее $\psi \geq 35\%$

Ударная вязкость, не менее $KCU \geq 400$ кДж/см²

Температура полихромного превращения $960...1010$ °С.

1.2 Выбор типа производства и формы организации работ

В задании на дипломное проектирование указана величина программы выпуска двигателей – 1000 штук в год.

Так как на одном двигателе устанавливается 35 лопаток 1-й ступени КНД, то программа выпуска лопаток будет соответственно равняться – 35 тыс.шт. в год.

При массе заготовки 0,23 кг эта величина программы выпуска по предварительному методу может быть отнесена к крупносерийному типу производства.

Основным фактором для более точного определения вида производства является такт выпуска.

Его определим исходя из следующих данных:

Годовая программа выпуска детали $N=35000$ шт.

Действительный годовой фонд времени $F_d=4015$ часов

Такт выпуска определен по формуле:

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N} \quad (1.1)$$

$$\tau = \frac{4015 \cdot 60}{35000} = 6.883 \text{ мин.}$$

По величине такта выпуска определяем коэффициент серийности:

$$K_c = \frac{\tau \cdot n}{\sum_{i=1}^n t_{umi}}, \quad (1.2)$$

где n – количество операций в технологическом процессе обработки;
 t_{umi} – штучное время каждой операции.

$$K_c = \frac{6.883 \cdot 53}{32.78} = 11.13.$$

По величине коэффициента серийности видно, что ориентировочно вид производства определен как серийное. Так как эта величина меньше диапазона мелкосерийного производства, но гораздо больше значений коэффициента для массового производства.

Так как вид производства определен как серийное, необходимо рассчитать величину партии деталей:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi_d}, \quad (1.3)$$

где $a=5$ – периодичность запуска деталей в производство;
 $\Phi_d=253$ – число рабочих дней в году.

$$n = \frac{35000 \cdot 5}{253} = 692_{шт}.$$

Форму организации работы участка механической обработки выбираем переменнo-пoтoчнyю (наиболее характерную для серийного производства).

1.3 Выбор и обоснование метода получения заготовки

Выбранный метод получения заготовки должен обеспечивать минимальную себестоимость и трудоемкость обработанной детали, максимальный коэффициент использования материала (КИМ), свойства заготовки, необходимые для выполнения деталью своих служебных функций при заданных условиях эксплуатации, возможность получения заготовок из заданного материала и заданной конфигурации, высокую производительность изготовления заготовок с учетом заданной программы выпуска.

Детали, полученные штамповкой, отличаются высокой прочностью и ударной вязкостью. Основная цель объемной штамповки является приближение заготовки к форме готовой детали. Через это условие решается задача снижения трудоемкости последующей механической обработки. Эти требованиям в наибольшей степени отвечает новое направление в технологии обработки металлов давлением штамповка в разъемных матрицах. Штампы с разъемными матрицами позволяют получать сложные и точные заготовки. В данном проекте заготовку получают штамповкой в закрытых штампах (безоблойная штамповка) из сплава ВТЗ-1 (рис.1.2).

Коэффициент использования металла.

а) в закрытых штампах.

$q=0,230$ кг - вес заготовки.

$Q= 0,0838$ кг - вес детали.

$$\text{КИМ} = \frac{q}{Q} = \frac{0.0838}{0.230} = 0,364 \quad (1.1)$$

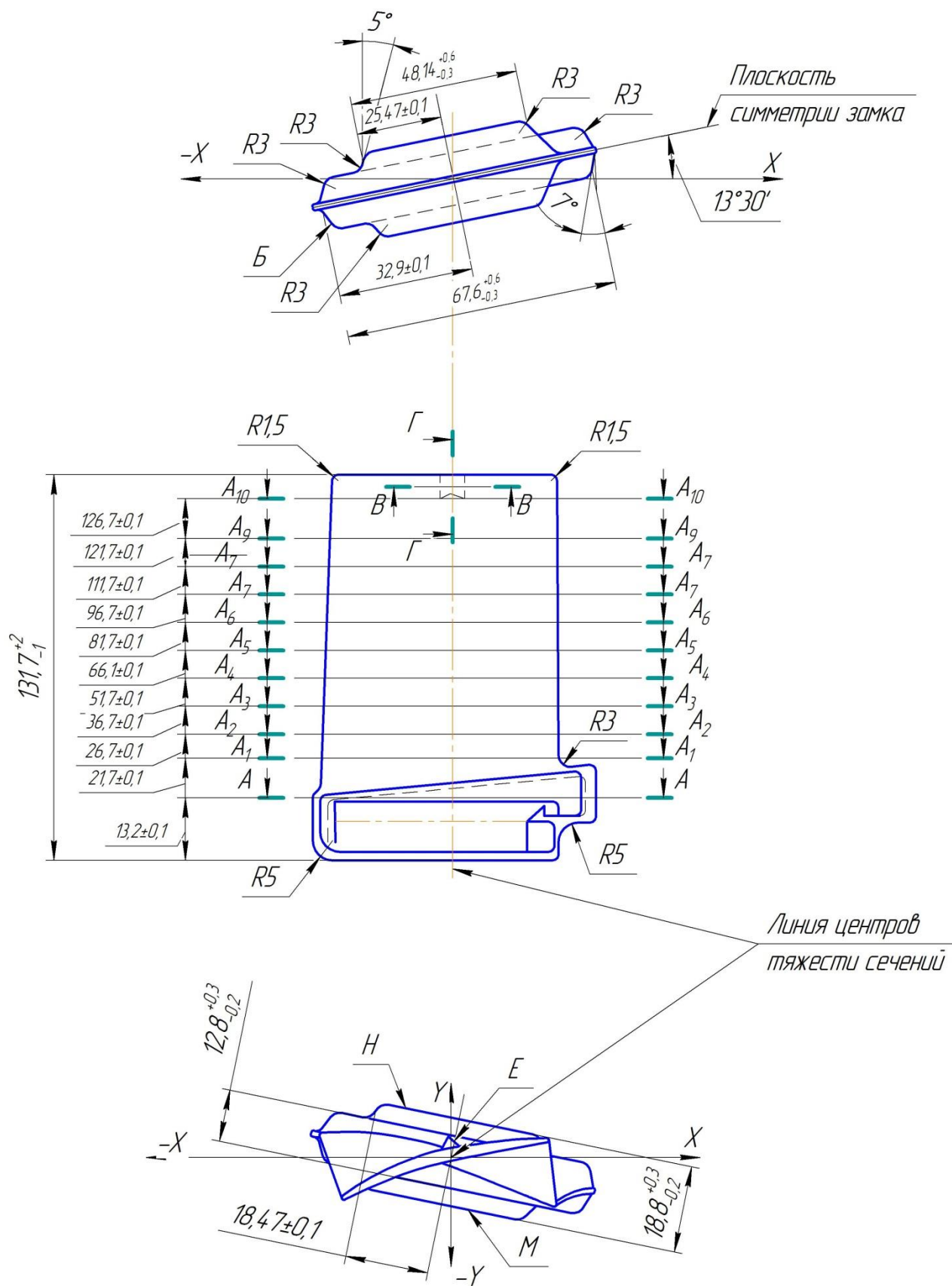


Рисунок 1.2 – Заготовка полученная

б) в открытых штампах

$q=0,350\text{кг}$

$Q= 0,0838\text{кг}$

$$\text{КИМ} = \frac{q}{Q} = \frac{0.0838}{0.350} = 0.239$$

Определяем стоимость заготовок с помощью формул:

а) в закрытых штампах.

$$S_{\text{заг}} = \frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_{\epsilon} \cdot K_m \cdot K_n - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

где C_1 - базовая стоимость одной тонны заготовок, грн.;

Q – масса заготовки, кг;

q - масса готовой детали, кг;

$S_{\text{отх}}$ - цена одной тонны отходов, грн;

K_m - коэффициент, зависящий от класса точности;

K_c - коэффициент, зависящий от группы сложности;

K_{ϵ} - коэффициент, зависящий от массы заготовки;

K_m - коэффициент, зависящий от материала заготовки;

K_n - коэффициент, зависящий от объема производства;

$C_1 = 150000$ грн;

$S_{\text{отх}} = 15000$ грн;

$K_m = 1,00$; $K_c = 0,89$; $K_{\epsilon} = 1,25$; $K_m = 1,80$; $K_n = 1,0$;

$$S_{\text{загл}} = \frac{150000}{1000} \cdot 0.230 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,80 \cdot 1,0 - (0.230 - 0.0838) \cdot \frac{15000}{1000} = 66,89325 \text{ грн.}$$

б) в открытых штампах

$$K_m=0,9; K_c=0,78; K_g=1,25; K_{\mu}=1,80; K_n=1,0;$$

$$S_{\text{загII}} = \frac{150000}{1000} \cdot 0.350 \cdot 0.9 \cdot 0.78 \cdot 1.25 \cdot 1.80 \cdot 1.0 - (0.290 - 0.0838) \cdot \frac{15000}{1000} = 79,83075 \text{ грн.}$$

Таким образом, $S_{\text{загI}} < S_{\text{загII}}$, что объясняет целесообразность для серийного производства использовать метод получения заготовок – штамповка в закрытых штампах

Определяем годовой экономический эффект для сопоставления способов получения заготовок, при котором технологический процесс механической обработки не меняется:

$$\Xi = N \cdot (S_I - S_{II}) = 1000 \cdot (79.83075 - 66.89325) = 25875 \text{ грн.},$$

где $N = 1000$ шт. – годовая программа выпуска.

S_I, S_{II} – стоимость заготовок.

При штамповке в закрытых штампах получают более точные штамповочные заготовки, меньше расходуется металла. Это позволяет получить минимальный припуск, снизить расход металла и сохранить время обработки детали. В открытых штампах получается большой отход (до 50%) металла. Для устранения этих отходов применяем штамповку в закрытых штампах.

1.4 Выбор и обоснование технологических баз

Черновая (первичная установочная) база, прежде всего, должна обеспечиваться на первой операции, которая является наиболее важной установочной базой на последующих операциях. Так как первичная база имеет малую точность, то её используют только один раз. Повторное использование её нарушает уже достигнутую точность взаимного положения.

Черновая база должна иметь максимальные габариты для обеспечения надёжного закрепления заготовки и должна:

- иметь достаточно точную форму;
- быть одной из необработанных поверхностей, если деталь не поддаётся обработке кругом;
- быть поверхностью, которая имеет наименьший (в сравнении с другими поверхностями) припуск на обработку, если деталь обрабатывается кругом;

Из нескольких возможных вариантов черновой базы, выбирать нужно тот, который в наибольшей мере соответствует указанным выше требованиям;

Главным принципом выбора чистовых установочных баз (ЧУБ) является принцип единства баз. Им следует руководствоваться и при назначении последовательности обработки (операции).

Исходя из принципа единства баз необходимо:

1. За ЧУБ выбирать поверхность, относительно которой координировано наибольшее число других поверхностей, как по точности размещения, так и по точности относительных поворотов;

2. Исходя из пункта 1, за ЧУБ выбирают конструкторские базы, которые одновременно являются и настроечными и измерительными;

3. Не совмещение баз всегда ведёт к увеличению допусков на размеры, которые связывают не совмещенные базы;

4. Соблюдать принцип постоянства баз. Принцип хорошо реализуется для валов (центровые отверстия), для корпусных деталей (плоскость и два установочных отверстия), для зубчатых колёс (посадочные отверстия и торец на операциях: зубонарезания, шлифования и хонингования зубьев);

5. При нарушении этого принципа следует учесть, что поверхность уже обработана и имеет точность большую, чем любая из необработанных поверхностей. Таким образом, она должна служить ЧУБ на следующей операции;

6. Поверхности, представляющие комплект ЧУБ, необходимо обрабатывать с одной установки, что обеспечивает более высокую точность их относительного расположения;

7. После термообработки эта точность теряется, и необходимо комплект ЧУБ возобновить, необходимо прошлифовать базовый торец с одной установки;

8. Чистовые установочные базы должны также обеспечить:

- удобную установку;
- простоту рабочего приспособления;
- минимальные деформации при силовом закреплении;
- минимальные погрешности установки.

В качестве установочных баз могут служить обработанные и необработанные поверхности. Необработанные поверхности можно принимать в качестве баз при начальных операциях обработки – они называются черновыми базами. Обработанные поверхности, которые служат базами для последующих операций, называются чистовыми базами.

Операция 20: За черновую базу принимаем конструкторскую базу – торцевую поверхность хвостовика и поверхность пера по спинке

Операция 25: За базу выбираем поверхность, полученную на предыдущей операции: нижнюю часть хвостовика.

Операция 40,45: Для фрезерования радиусов перехода по спинке и корыту выбираем базами торцевую и боковую поверхности хвостовика.

Операция 70,105: Для вальцевания базовыми поверхностями являются выточка в хвостовике и его торец.

1.5 Проектирование плана обработки

1.5.1 Анализ технологичности конструкции

Одна из основ проектирования ТП понятие технологичности конструкции. Это комплексная характеристика детали, подразумевающая под собой то, что при конструировании деталей машин необходимо достичь требуемых эксплуатационных показателей, а также рационального и экономичного их обеспечения.

Деталь — лопатку рабочую 1 ступени КНД изготавливают из титанового сплава ВТЗ-1. С точки зрения обрабатываемости деталь нетехнологична, так как этот сплав принадлежит к труднообрабатываемым материалам [1, т.2.6, с.27].

С точки зрения получения необходимого качества поверхностей, деталь технологична, так как получить необходимую шероховатость поверхностей данной детали не составляет особой проблемы.

По критерию заготовки деталь нетехнологична, так как в процессе обработки необходимо снимать большой объем материала, что существенно влияет на трудоемкость и себестоимость изготовления детали.

Исходя из условий базирования, деталь нетехнологична, так как на многих операциях не используется принцип постоянства и совмещения баз, когда измерительная и настроечная базы совпадают. На большинстве операций необходимо применение специальных станочных приспособлений.

Исходя из критерия совмещения технологических операций, деталь нетехнологична, потому что затруднено применение многоинструментальной обработки поверхностей, многопозиционной обработки.

По критерию необходимости использования специальных дополнительных режущих и измерительных приспособлений деталь нетехнологична, так как процесс её изготовления требует их использования.

С точки зрения доступа режущего инструмента к обрабатываемым поверхностям деталь технологична, так как в большинстве случаев режущий инструмент достаточный доступ к обрабатываемым поверхностям.

Исходя из критерия соответствия допусков и отклонений на размеры стандартным значениям, деталь технологична, так как у большинства размеров допуски и отклонения соответствуют стандартным значениям.

Можно сделать вывод, что по качественным критериям оценки технологичности конструкция детали нетехнологична.

При конструировании отдельных деталей необходимо достичь требуемых эксплуатационных качеств, а также рационального и экономичного изготовления их.

Технологичность конструкции оценивается:

1. Выбором рациональной заготовки.
2. Технологичностью формы.
3. Рациональной простановкой размеров.
4. Оптимальной точностью геометрических характеристик.
5. Оптимальной шероховатостью обрабатываемых поверхностей.
6. Количеством унифицированных поверхностей.

1. Заготовка получена методом точной штамповки и имеет форму и размеры не достаточно близкие к форме и размерам готовой детали.

$$K_{из} = \frac{q}{Q} = \frac{0.0838}{0.230} = 0.364$$

Технологичность формы определена:

1). Наличием удобных и надежных технологических баз – поверхностей, которые обеспечивают надежное закрепление детали на станке.

2) Достаточной жесткостью для обеспечения надежного закрепления на станке и исключения деформации на высоких режимах обработки и достижения необходимой точности.

Однако, нет возможности обработки станкопартии, деталь имеет множество труднообрабатываемых поверхностей плохо доступных для механической обработки и контроля.

Рациональная простановка размеров должна обеспечивать:

- 1) Объединение конструкторских, сборочных и технологических баз.
- 2) Объединение технологических и измерительных баз.
- 3) Возможность обработки на предварительно настроенных станках.
- 4) Надежность и простоту измерения при обработке и после изготовления.

Однако, в процессе изготовления детали используются сложные приспособления, специальный режущий и измерительный инструмент.

Оптимальная точность геометрических характеристик.

В соответствии с ЕСТПП технологическая точность детали оценивается коэффициентом точности обработки, который определяется по формуле:

$$K_{т.о} = 1 - \frac{1}{A_{ср}} \leq 0.8, \quad (1.3)$$

$$A_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

где

- средний квалитет точности детали.

A_i – качество точности i -ой поверхности;
 n_i – количество размеров соответствующего качества.
 Данные для определения $K_{т.о.}$ заносим в табл.1.1.

Таблица 1.1 – Данные для определения $K_{т.о.}$.

Количество размеров соответствующего качества			$\sum A_i \cdot n_i$	$\sum n_i$	$A_{ср.}$	$K_{т.о.}$
11	12	14	170	14	12,143	0,917
6	4	4				

$$A_{ср.} = \frac{11 \cdot 6 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 4}{6 + 4 + 4} = 12,143$$

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{A_{ср.}} = 1 - \frac{1}{12,143} = 0,917 > 0,8;$$

Деталь относится к деталям нормальной точности, т.к. $K_{т.о.} > 0,8$.

Оптимальная шероховатость поверхностей детали оценивается коэффициентом шероховатости:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср.}}, \quad (1.2)$$

$$B_{ср.} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot n_{iш}}{\sum_{i=1}^n n_{iш}}$$

где B_i – класс шероховатости i -ой поверхности;

n_i – кол-во поверхностей соответствующего класса шероховатости;

Данные для определения $K_{ш.}$ заносим в табл.1.2.

$$B_{ср.} = \frac{5 \cdot 2 + 6 \cdot 10 + 7 \cdot 2}{2 + 10 + 2} = 6;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср.}} = \frac{1}{6} = 0,167 < 0,32;$$

Деталь относим к технологичным так как $K_{ш.} < 0,32$.

Таблица 1.2 – Данные для определения $K_{ш.}$.

Количество размеров	$\sum B_i \cdot n_i$	$\sum n_i$	$B_{ср.}$	$K_{ш.}$
---------------------	----------------------	------------	-----------	----------

соответствующего класса шероховатости						
5	6	7	84	14	6	0,167
2	10	2				

Унификация конструктивных элементов детали оценивается коэф. Унификации

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_o}, \quad (1.3)$$

где $Q_{y.e.}$ - количество унифицированных типоразмеров ;

Q_o – общее количество типоразмеров.

Данные для определения $K_{y.e.}$ заносим в табл.1.3.

Таблица 1.3 – Данные для определения $K_{y.e.}$

Деталь	$Q_{y.e.}$	Q_o	$K_{y.e.}$
лопатка	8	22	0,364

$$K_{y.e.} = \frac{8}{22} = 0.364 ;$$

По коэффициенту унификации деталь относим к не технологичным так как $K_{y.e.} < 0.6$.

Проведя анализ технологичности лопатки по шести показателям технологичности, можно сделать вывод о том, что деталь технологична.

1.5.2 Проектирование маршрута обработки поверхностей

Поверхности 51,2d11($_{-0,29}^{-0,1}$)

Разработаем МОП на две плоские поверхности 51,2d11($_{-0,29}^{-0,1}$). Параметры детали:

- квалитет – 11. Допуск – $T = 0,019$ мм;

- шероховатость – $Ra = 3,2$. Класс шероховатости – $\nabla 6$ [1, табл. 2.5, с. 35].

Параметры заготовки:

- поле допуска – $^{+0,6}_{-0,3}$ [2, табл. 23, с. 146], квалитет – 15. Допуск – $T = 0,9$ мм [3, табл. 3.1, с. 14];

- шероховатость – $Ra = 40$ [1, табл. 2.2, с. 34]. Класс шероховатости – $\nabla 2$.

Общее уточнение по показателям точности и качества поверхности:

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{заг}}{T_{дем}}; \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дем}} \quad (1.4)$$

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{заг}}{T_{дем}} = \frac{900}{190} = 4,74; \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дем}} = \frac{40}{3,2} = 12,5.$$

Превалирующим показателем качества этой поверхности является показатель шероховатости, который требует наибольшего уточнения. По превалирующему показателю рассчитаем количество k переходов по формуле:

$$k_p \approx 2 \lg \varepsilon_{od} = 2 \lg 12,5 = 2,19.$$

Принимаем $k = 2$ перехода.

Устанавливают последовательность показателей точности и качества – ППТК:

– по точности геометрического размера:

IT15 \Rightarrow h12 \Rightarrow d11;

– по шероховатости поверхности:

$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 5 \Rightarrow \nabla 6$,

или лучше

$Ra 50 \Rightarrow Ra 6,3 \Rightarrow Ra 3,2$.

По рекомендации [2] устанавливаем, что нужную точность и качество поверхности можно обеспечить однократным шлифованием. Это последний переход механической обработки. Промежуточные переходы: черновое и чистовое фрезерование. Методы обработки записываем в таблице МОП (табл. 1.6).

По [2, табл. 32 с. 192] определяем допуски по переходам в соответствии с принятыми ППТК. Рассчитываем уточнение по переходам и их произведения (табл. 1.6).

Поверхность 17,5h11_(-0,11)

Разработаем МОП на две плоские поверхности 17,5h11_(-0,11). Параметры детали:

- квалитет – 11. Допуск – $T = 0,11$ мм;

- шероховатость – $Ra = 3,2$. Класс шероховатости – $\nabla 6$ [1, табл. 2.5, с. 35].

Параметры заготовки:

- поле допуска – $^{+0,3}_{-0,2}$ [2, табл. 27, с. 190], качество – 15. Допуск – $T = 0,5$ мм [3, табл. 3.1, с. 14];

- шероховатость – $Ra = 40$ [1, табл. 2.6, с. 36]. Класс шероховатости – $\nabla 2$.

Общее уточнение по показателям точности и качества поверхности:

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{заг}}{T_{дем}}; \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дем}} \quad (1.4)$$

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{заг}}{T_{дем}} = \frac{500}{110} = 4,5; \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дем}} = \frac{40}{3,2} = 12,5.$$

Превалирующим показателем качества этой поверхности является показатель шероховатости, который требует наибольшего уточнения. По превалирующему показателю рассчитаем количество k переходов по формуле:

$$k_p \approx 2 \lg \varepsilon_{od} = 2 \lg 12,5 = 2,19.$$

Принимаем $k = 2$ перехода.

IT15 \Rightarrow h12 \Rightarrow h11;

– по шероховатости поверхности:

$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 5 \Rightarrow \nabla 6$,

или лучше

$Ra 50 \Rightarrow Ra 6,3 \Rightarrow Ra 3,2$.

По рекомендации [2] устанавливаем, что нужную точность и качество поверхности можно обеспечить однократным шлифованием. Это последний переход механической обработки. Промежуточные переходы: черновое и чистовое фрезерование. Методы обработки записываем в таблице МОП (табл. 1.6).

По [2, табл. 32 с. 192] определяем допуски по переходам в соответствии с принятыми ППТК. Рассчитываем уточнение по переходам и их произведения (табл. 1.4).

1.5.3 Разработка маршрута изготовления детали (МИД)

При проектировании технологического процесса изготовления детали решают главную задачу технологии – обеспечить нужное качество, максимальную производительность, минимальную себестоимость и минимум вредных воздействий на окружающую среду. Технологические основы решения этой задачи закладываются при назначении переходов маршрутов обработки поверхностей (МОП), а организационные основы – при формировании операций маршрута изготовления детали (МИД).

Маршрут изготовления детали (МИД) – это общий план, в котором на основе компоновки ранее разработанных МОП установлен состав и последовательность операций технологического процесса, указанные тип и модель станка, установленные технологические комплексы, разработанные схемы установок, приведены входные и исходные характеристики обрабатываемых поверхностей и т.п.

Маршрут изготовления детали приведен в графической части дипломного проекта.

1.5.4 Расчет межоперационных припусков и технологических размеров

Различают два метода назначения припусков:

Расчётно-аналитический. При назначении припусков этим методом определяется составляющие припуска: R_a , h , ρ , ε_y исходя из конкретных условий обработки и состояний заготовки по справочной литературе.

$$2z_i^{\min} = 2\left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right), \quad (1.5)$$

где $R_{z_{i-1}}$ – шероховатость поверхности предыдущего перехода;

h_{i-1} – глубина дефектного слоя материала от предыдущей операции;

ρ_{i-1} – макронеровности поверхности (смещение, коробление, неперпендикулярность, непараллельность и т. п.), приобретенные на предыдущем переходе;

ε_i – погрешность установки заготовки при выполнении i -го перехода.

Погрешности ρ и ε – векторные величины и имеют различные направления, поэтому для цилиндрических поверхностей суммируются геометрически.

Опытно-статистический (табличный). Назначается общий припуск и разбивается по переходам с использованием коэффициента соотношения припусков γ .

а) Торцевой размер $51.2 \begin{pmatrix} -0.1 \\ -0.29 \end{pmatrix}$.

Асимметричные припуски для плоских поверхностей и торцов определяются по формуле:

$$Z_{i\min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i \quad (1.6)$$

где - $R_{z_{i-1}}$ - величина шероховатости от предшествующей обработки, мкм;
 h_{i-1} - глубина дефектного слоя материала от предыдущей операции, мкм;
 $\Delta_{\Sigma i-1}$ - погрешность формы и взаимного расположения поверхностей на предыдущей операции, мкм;

ε_i - погрешность базирования на выполняемом переходе, мкм.

Характеристики качества поверхности:

- заготовка: $R_z=80$ мкм; $h=150$ мкм;

- протягивание получистовое торец 1: $R_z=25$ мкм; $h=25$ мкм;

- протягивание получистовое торец 2: $R_z=25$ мкм; $h=25$ мкм;

- протягивание чистовое торец 1: $R_z=5$ мкм; $h=10$ мкм;

- протягивание чистовое торец 2: $R_z=5$ мкм; $h=10$ мкм.

За суммарную величину погрешностей формы и пространственных отклонений торцов заготовки, полученной штамповкой, принимаем коробление заготовки.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot D, \quad (1.7)$$

где $\Delta_k=500$ мкм, $D=124$ мм

$\rho_{\text{кор}}=0,5 \cdot 124=62$ мкм.

По мере обработки происходит ее уменьшение пропорционально коэффициенту уточнения:

$$\Delta_{\Sigma \text{прот.п/ч}} = \rho_{\text{кор}} 0,05 = 62 \cdot 0,05 = 3,1 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\Sigma \text{прот.чист}} = \rho_{\text{кор}} 0,01 = 62 \cdot 0,01 = 0,62 \text{ мкм};$$

Погрешность установки выбираем из табл.4.10, стр.75[4].

$\varepsilon_{y \text{ прот.п/ч.}}=70$ мкм; $\varepsilon_{y \text{ прот.чист.}}=70$ мкм;

Подставляя полученные значения элементов припуска в формулу 6.1, получим их минимальные значения для каждой операции:

- протягивание получистовое торец 1: $Z_{\min} = 80+150+3,1+70=303,1$ мкм;

- протягивание полуцистовое торец 2: $Z_{\min} = 25 + 25 + 3,1 + 70 = 123,1$ мкм;
- протягивание чистовое торец 1: $Z_{\min} = 25 + 25 + 0,62 + 70 = 120,62$ мкм;
- протягивание чистовое торец 2: $Z_{\min} = 5 + 10 + 0,62 = 15,62$ мкм;

Минимальные значения операционных размеров определяем по формуле:

$$L_{i-1 \min} = L_{i \min} + T_i + Z_{i \min}, \quad (1.8)$$

где $L_{i \min}$ - минимальное значение размера на выполняемом переходе, мм;

$L_{i-1 \min}$ - тоже на предшествующем, мм;

T_i - допускаемое отклонение размера на выполненном переходе, мм.

- протягивание чистовое торец 2:

$$L_{\min} = 51,2 - 0,29 = 50,91 \text{ мм};$$

- протягивание чистовое торец 1:

$$L_{\min} = 50,91 + 0,190 + 0,016 = 51,116 \text{ мм};$$

- протягивание полуцистовое торец 2:

$$L_{\min} = 51,116 + 0,190 + 0,121 = 51,427 \text{ мм};$$

- протягивание полуцистовое торец 1:

$$L_{\min} = 51,427 + 0,300 + 0,123 = 51,850 \text{ мм};$$

- заготовка:

$$L_{\min} = 51,850 + 0,300 + 0,303 = 52,453 \text{ мм}.$$

Предельные размеры и предельные значения припусков определяем в таблице 1.5.

Определяем минимальный размер заготовки по формуле:

$$L_{\text{заг. min}} = L_{\text{дет. min}} + \sum_{i=1}^n T_i + \sum_{i=1}^n Z_{i \min}, \quad (1.9)$$

где $L_{\text{дет. min}}$ - нижнее предельное значение размера детали, мм;

T_i - допуск на размер получаемый после выполнения i -го перехода (операции), мм;

$Z_{i \min}$ - минимальное значение припуска на выполнение i -го перехода, мм.

$$L_{\text{заг. min}} = 50,91 + (0,300 + 0,300 + 0,190 + 0,190) + (0,016 + 0,121 + 0,123 + 0,303) = 52,453 \text{ мм};$$

$$L_{\text{заг. max}} = L_{\text{заг. min}} + T_{\text{заг}} = 52,453 + 0,9 = 53,353 \text{ мм};$$

$$L_{\text{заг. ном.}} = L_{\text{заг. min}} + 1/3 T_{\text{заг}} = 52,453 + 0,9/3 = 52,753 \text{ мм.}$$

Размер заготовки: $52,753^{+0,6}_{-0,3}$ мм

Припуски, операционные размеры и размеры заготовки, полученные табличным методом приведены в табл.1.6.

Таблица 1.5- Припуски, операционные размеры и размеры заготовки, полученные расчетно-аналитическим методом.

№ опер.	Технологические переходы (операции)	Элементы припуска, мкм				Расч. припуск Z _{min} , мкм	Допуск, T _i , мкм	Расч. L _{min} , мм	Предельные значения				Исполнит. размер, мм
		R _z	h	ΔΣ	ε				размеров		припусков		
									L _{min}	L _{max}	Z _{min}	Z _{max}	
	Торцы 51.2(^{-0.1} _{-0.29})												
A	Заготовительная	80	150	500	-	-	900	52,453	52,453	53,353	-	-	52.753 ^{+0,6} _{-0,3}
25	Протягивание получистовое т.1	25	25	3,1	70	303,1	300	51,850	51,850	52,150	0,303	1,503	52,15 _{-0,3}
25	Протягивание получистовое т.2	25	25	3,1	70	123,1	300	51,427	51,427	51,727	0,123	0,723	51,727 _{-0,3}
160	Протягивание чистовое т.1	5	10	0,62	70	120,62	190	51,116	51,116	51,306	0,121	0,611	51,306 _{-0,19}
160	Протягивание чистовое т.2	5	10	0,62	-	15,62	190	50,91	50,91	51,100	0,016	0,396	51,1 _{-0,19}

Таблица 1.6 - Припуски, операционные размеры и размеры заготовки, полученные табличным методом.

№ операции	Технологич. переходы	Расчетный миним. Размер, мм	Z _{i min} , мкм	Ti , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения допусков, мм		Исполнитель-ные размеры, мм
					L _{i min}	L _{i max}	Z _{i min}	Z _{i max}	
Наружная поверхность 123.16 _{-0.25}									
A	Заготовительная	125,05	-	1200	125,05	126,25	-	-	126.25 ^{+0,65} _{-0,55}
25	Протягивание получистовое т.1	124,35	300	400	124,35	124,75	0,3	1,9	124,75 _{-0,3}
25	Протягивание получистовое т.2	123,65	300	400	123,65	124,05	0,3	1,1	124,05 _{-0,3}
160	Протягивание чистовое т.1	123,28	120	250	123,28	123,53	0,12	0,77	123,53 _{-0.25}
160	Протягивание чистовое т.2	122,91	120	250	122,91	123,16	0,12	0,62	123.16 _{-0.25}

1.6 Расчет режимов резания

1.6.1 Операция 20. Горизонтально-протяжная

Станок 7Б57

Материал ВТЗ-1

Поверхности: основание и боковые поверхности хвостовика, $L=52.753^{+0.6}_{-0.3}$

мм

Инструмент: блок с набором протяжек - Р18, ГОСТ 19265-73.

1. определяем длину рабочего хода:

$$L_{\text{р.х.}} = L_{\text{прот.}} + L = 1500 + 52,753 = 1552,753 \text{ мм} \quad (1.10)$$

2. подачу на зуб выбираем $S_z = 0,02 \text{ мм}$

3. скорость резания выбираем $V_p = 1,6 \text{ м/мин}$

4. скорость холостого хода $V_x = 6,4 \text{ м/мин}$

5. машинное время :

$$t_M = \frac{L_p}{1000} \cdot \left(\frac{1}{V_p} + \frac{1}{V_x} \right) = \frac{1552.753}{1000} \left(\frac{1}{2.9} + \frac{1}{11.65} \right) \approx 0.667 \text{ мин} \approx 40 \text{ с} \quad (1.11)$$

1.6.2 Операция 25. Горизонтально-протяжная

Станок 7Б57

Материал ВТЗ-1

Поверхности: торцы и поперечная выточка у основания хвостовика, $L=$

$18.8^{+0.3}_{-0.2} \text{ мм}$

Инструмент: блок с набором протяжек - Р18, ГОСТ 19265-73.

1. определяем длину рабочего хода:

$$L_{p.x.}=L_{прот.}+L=1200+18,8=1218,8\text{мм} \quad (1.12)$$

2. подачу на зуб выбираем $S_z=0,02\text{мм}$
3. скорость резания выбираем $V_p=1\text{м/мин}$
4. скорость холостого хода $V_x=4,2\text{м/мин}$
5. машинное время:

$$t_M = \frac{L_p}{1000} \cdot \left(\frac{1}{V_p} + \frac{1}{V_x} \right) = \frac{1218,8}{1000} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{4,2} \right) \approx 1,467\text{мин} \approx 88\text{с} \quad (1.13)$$

1.6.3 Операция 40. Фрезерная с ЧПУ

Материал: сталь ВТЗ-1,

Станок: Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р13Ф3

Поверхность: прикомлевые участки 5 лопаток $b=51\text{мм}$,

Инструмент: фреза дисковая $D=100$ $d=32$ $B=16$ $z=20$, ВК8 ГОСТ 3964-69.

1. определяем длину рабочего хода:

$$L_{p.x.}=5L_{рез.}+L_{доп.}; \quad (1.14)$$

$$L_{p.x.}=5 \cdot 51 + 4 \cdot 79 = 571\text{мм}.$$

2. Определяем подачу: $S = 13,5\text{мм/об.}$
3. Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot b^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (1.15)$$

где $C=108$, $y=0.3$, $x=0.06$, $m=0.32$, $T=120\text{мин}$, $S_z=0.25$, $q=0.2$, $u=0.2$, $p=0$
 $K_v = K_m \cdot K_p \cdot K_i = 0.4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0.4$

$$V = \frac{108 \cdot 100^{0.2}}{120^{0.32} \cdot 1^{0.06} \cdot 0.25^{0.3} \cdot 16^{0.2} \cdot 20^0} \cdot 0.4 = 20.415 \text{ м/мин}$$

4. Определяем число оборотов фрезы:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20.415}{3.14 \cdot 100} = 65.016 \text{ об/мин}, \quad (1.16)$$

по паспорту станка принимаем $n = 65$ об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 100 \cdot 65}{1000} = 20.41 \text{ м/мин}. \quad (1.17)$$

7. Определяем машинное время:

$$t_m = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{571}{13.5 \cdot 65} = 0.65 \text{ мин}. \quad (1.18)$$

8. Определяем силу резания:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot b^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (1.19)$$

где $C_p=261$, $y=0.9$, $x=0.8$, $S_z=0.25$, $u=1.1$, $q=1.1$, $w=0.1$, $K_{MP} = 1.09$.

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 1^{0.8} \cdot 0.25^{0.9} \cdot 16^{1.1} \cdot 20}{100^{1.1} \cdot 65^{0.1}} \cdot 1.09 = 1433.78 \text{ Н}$$

9. Требуемая для резания мощность:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{6120} = \frac{1433.78 \cdot 20.41}{6120} = 4.78 \text{ кВт} \quad (1.20)$$

1.6.4 Операция 175. Плоско-шлифовальная

Материал: сталь ВТЗ-1,

Станок: плоско-шлифовальный 3Г71

Поверхность: боковые поверхности хвостовика $b=5.6\text{мм}$, $l=32,5\text{мм}$

Инструмент: шлифкруг ПП250х25х76 63С25СМ1К ГОСТ 2424-67

1. определяем длину рабочего хода:

$$L_{\text{р.х.}} = L_{\text{рез.}} + L_{\text{доп.}}; \quad (1.21)$$

$$L_{\text{р.х.}} = 32,5 + 10 = 42,5\text{мм.}$$

2. число оборотов шлифовального круга $n=2740\text{об/мин}$

3. скорость вращения шлифкруга:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2740}{1000} = 2150,9\text{м/мин.} \quad (1.22)$$

4. скорость продольного движения стола $V=10\text{м/мин}$

5. поперечная подача на один ход стола $S_{\text{поп}}=4,25\text{мм/ход}$

6. глубина резания $t=S_b=0,01\text{мм/проход}$

7. число двойных ходов

$$t = L_p / V = 0.0425 / 10 = 0.00425\text{мин} \quad (1.23)$$

$$n_1 = 1/t = 235,3$$

$$n_2 = n_1 / 2 = 118\text{дв.ход}$$

8. машинное время:

$$t_0 = \frac{L_{PX} \cdot a}{S_{non} \cdot S_{\epsilon} \cdot n_{\text{дв.ход}}} \cdot k = \frac{42.5 \cdot 0.2}{4.25 \cdot 0.01 \cdot 118} \cdot 1.25 = 2.117 \text{ мин} = 127 \text{ с} \quad (1.24)$$

1.7 Нормирование операций

1.7.1 Операция 20. Горизонтально-протяжная

Технические нормы времени в условиях крупносерийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом по формуле:

$$t_{\text{ит.}} = t_o + t_{\text{всп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отл}}, \quad (1.25)$$

где t_o – основное (машинное) время, мин;

$t_{\text{всп}}$ – вспомогательное время, мин;

$t_{\text{обс}}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

$t_{\text{отл}}$ – время перерыва на отдых, мин.

1. Вспомогательное время [4 карта 33, стр.124]:

$t_{\text{всп}} = 0,26 \text{ мин.}$

2. Время на обслуживание рабочего места:

$$t_{\text{обс}} = t_{\text{орг.}} + t_{\text{тех}} = (t_o + t_{\text{всп}}) \cdot \frac{a_{\text{орг}}}{100} + t_o \cdot \frac{b_{\text{тех}}}{100} \quad (1.26)$$

где $t_{\text{орг.}}$ - время на организационное обслуживание рабочего места, составляет $a_{\text{орг}} = 1,5\%$ от оперативного времени.

$t_{\text{тех}}$ - время на техническое обслуживание рабочего места, составляет $b_{\text{тех}} = 2\%$ от основного времени.

$$t_{\text{обс}} = (0,667 + 0,26) \cdot \frac{1,5}{100} + 0,667 \cdot \frac{2}{100} = 0,027245 \text{ мин.}$$

3. Время на отдых и личные надобности составляет 7% от оперативного времени [4 карта 41, стр.140]:

$$t_{\text{отл}} = (0,667 + 0,26) \cdot \frac{7}{100} = 0,06489 \text{ мин.}$$

4. Норма штучного времени на операцию:

$$t_{\text{ит.}} = 0,667 + 0,26 + 0,0273 + 0,0649 = 1,0192 \text{ мин}$$

1.7.2 Операция 25. Горизонтально-протяжная

1. Вспомогательное время:

$$t_{всп}=0,26\text{мин.}$$

2. Время на обслуживание рабочего места:

$$t_{обс} = (1.467 + 0,26) \cdot \frac{1,5}{100} + 1.467 \cdot \frac{2}{100} = 0,055245\text{мин.}$$

3. Время на отдых и личные надобности составляет 7% от оперативного времени:

$$t_{отл} = (1.467 + 0,26) \cdot \frac{7}{100} = 0,10269\text{мин.}$$

4. Норма штучного времени на операцию:

$$t_{шт.} = 1.467 + 0,26 + 0,0553 + 0,1027 = 1,885\text{мин}$$

1.7.3 Операция 40. Фрезерная с ЧПУ

1. Вспомогательное время [4 карта 32, стр.124]:

$$t_{всп}=0,17\text{мин.}$$

2. Время на обслуживание рабочего места:

$$t_{обс} = (0.65 + 0,17) \cdot \frac{1,5}{100} + 0.65 \cdot \frac{2}{100} = 0,0253\text{мин.}$$

3. Время на отдых и личные надобности:

$$t_{отл} = (0.65 + 0,17) \cdot \frac{7}{100} = 0,0574\text{мин.}$$

4. Норма штучного времени на операцию:

$$t_{\text{шт.}} = 0,65 + 0,17 + 0,0253 + 0,0574 = 0,9027 \text{ мин.}$$

1.7.4 Операция 175 – Плоско-шлифовальная

1. Вспомогательное время [4 карта 32, стр.124]:

$$t_{\text{всп}} = 0,28 \text{ мин.}$$

2. Время на обслуживание рабочего места:

$$t_{\text{обс}} = (2,117 + 0,28) \cdot \frac{1,5}{100} + 2,117 \cdot \frac{2}{100} = 0,078295 \text{ мин.}$$

3. Время на отдых и личные надобности:

$$t_{\text{отл}} = (2,117 + 0,28) \cdot \frac{7}{100} = 0,16779 \text{ мин.}$$

4. Норма штучного времени на операцию:

$$t_{\text{шт.}} = 2,117 + 0,28 + 0,0783 + 0,1678 = 2,6431 \text{ мин.}$$

Вычисление штучно-калькуляционного времени, по следующей формуле, операций маршрута обработки, приведено в таблице 1.7.

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \quad (1.27)$$

где n – число деталей в партии;

$T_{\text{п.з}}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

$T_{\text{шт.}}$ – штучное время на одну деталь, мин.

Таблица 1.7 – Техническое нормирование

N опера ции	Наименование операции	T _о , мин	T _в , мин			T _{оп} , мин	T _{шт} , мин	T _{пз} , мин	n, шт	T _{шт-к} , мин
			T _{ус} +T _{о.з} , мин	T _{у.п} , мин	T _{изм} , мин					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	Протяжная	0,667	0,26			0,927	1,0192	40	692	1,0770
25	Протяжная	1,467	0,26			1,727	1,885	40	692	1,9428
40	Фрезерная	0,65	0,17			0,82	0,9027	35	692	0,9533
45	Фрезерная	0,90	0,08	0,07	0,02	1,07	1,3410	35	692	1,3916
70	Вальцовочная	0,883	0,1	0,02	0,2	1,203	1,4819	25	692	1,5180
105	Вальцовочная	0,883	0,1	0,02	0,2	1,203	1,4819	25	692	1,5180
160	Протяжная	0,417	0,1	0,1	0,06	0,677	0,8180	40	692	0,8758
175	Шлифовальная	2,117	0,28			2,397	2,6431	30	692	2,6864

1.8 Описание и расчет РТК УП

Применение автоматически управляемого оборудования - мощный способ повышения эффективности машиностроительного производства.

Основные достоинства станков с ЧПУ:

1. Универсальность, возможность получения заданной точности методом пробных проходов и автоматической настройки на размер введением поправки (коррекции) траектории инструмента с учетом износа, тепловых деформаций и др.

2. Скорость перенастройки при переходе на обработку деталей другого типоразмера.

3. Возможность концентрации большого количества операций на одном рабочем месте.

4. Повышение производительности за счет уменьшения вспомогательного времени и устранение монотонного тяжелого труда станочника, возможность многостаночного обслуживания.

5. Исключение нарушений станочником технологической дисциплины, влияния человеческого фактора на качество продукции.

Характерной особенностью станков с ЧПУ является автоматическая реализация совокупности закодированных в программе команд, которые обеспечивают необходимую последовательность взаимного расположения обрабатываемой детали и инструмента.

Для разработки управляющей программы подготовлена технологическая документация, которая содержит всю необходимую геометрическую, числовую и технологическую информацию. С целью упрощения работы по проектированию маршрута обработки и РТК используют системы автоматизированного проектирования техпроцессов – САПр.

САПр – комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов и выполняющих проектирование.

Основные составляющие САПр (виды обеспечения):

- организационное – совокупность документов, устанавливающих состав и связи между подразделениями, форму представления и порядок рассмотрения проектных документов;

- техническое – комплекс технических средств для выполнения автоматизированного проектирования;

- программное;

- математическое – совокупность математических методов, моделей и алгоритмов проектирования;
- методическое;
- лингвистическое;
- информационное.

Один из представителей САПр – интегрированная система среднего уровня ADEM. В ее состав входят следующие модули:

- ADEM CAD – пространственное компьютерное проектирование и моделирование. Позволяет решать все задачи плоского и объемного моделирования в единой конструкторско-технологической среде;
- ADEM CAM – разработка управляющих программ. Позволяет создавать технологические переходы обработки конструктивных элементов, которые состоят из плоских контуров или пространственных моделей. Результат разработки – отлаженная управляющая программа для конкретного станка с ЧПУ;
- ADEM TDM – подготовка конструкторско-технологической документации. Позволяет в автоматизированном режиме разрабатывать комплект конструкторско-технологической документации.

Разработка расчётно-технологической карты

Исходные данные:

Деталь – 5 лопаток установленные в приспособление.

Материал детали – титановый сплав BT3-1.

Станок – вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13Ф3.

Инструмент: фреза дисковая D=100 d=32 B=16 z=20 BK8 ГОСТ 3964-69

Обработку детали целесообразно проводить последовательно.

Разработка управляющей программы в модуле CAM системы ADEM

ADEM CAM позволяет задавать технологические переходы как для конструктивных элементов состоящих из плоских 2D-контуров и 3D моделей, созданных в модуле ADEM CAD, так и для импортированных объемных 3D-моделей. ADEM CAM включает инструменты для редактирования технологического маршрута и моделирования процесса обработки.

Результатом работы модуля ADEM CAM является, отлаженная в процессе моделирования, управляющая программа для станка с ЧПУ. Технологические объекты, составляющие технологический процесс обработки, являются ассоциативно связанными с геометрической моделью, созданной в ADEM.

Процесс создания технологического объекта на основе созданной геометрической модели включает следующие стадии:

- 1) Создание конструктивного элемента (стенка).
- 2) Задание технологического перехода (фрезеровать).

Результатом выполнения шагов 1 и 2 является созданный Технологический Объект (ТО).

3) Задание технологических команд (начало цикла, плоскость холостых ходов, стоп и т.п.).

4) Расположение созданных технологических объектов в правильном порядке.

5) Расчет траектории движения инструмента.

6) Выполнение моделирования процесса обработки.

7) Создание управляющей программы.

До начала генерации управляющей программы выбран тип оборудования (вертикально-фрезерный станок 6P13Ф3 (см.рис. 1.3) и указать ряд дополнительных параметров. Это можно сделать на любом этапе работы в ADEM CAM, однако рекомендуется задать все необходимые установки в начале работы над проектом, так как информация, содержащаяся в постпроцессоре может оказывать влияние на формирование траектории движения инструмента.

Траектория движения резца показана на рисунке 1.4 и листе РТК.

Созданная управляющая программа представлена в приложении А.

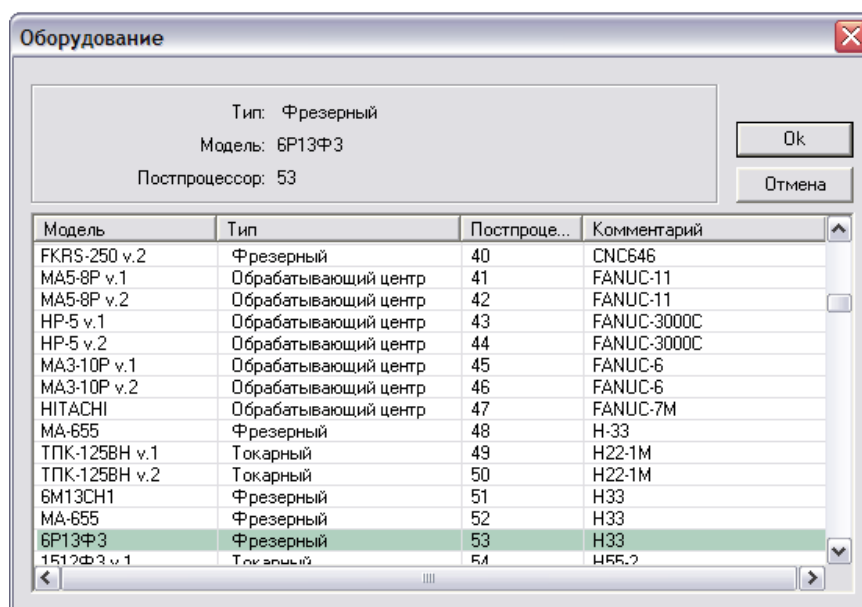


Рисунок 1.3 – Выбор оборудования

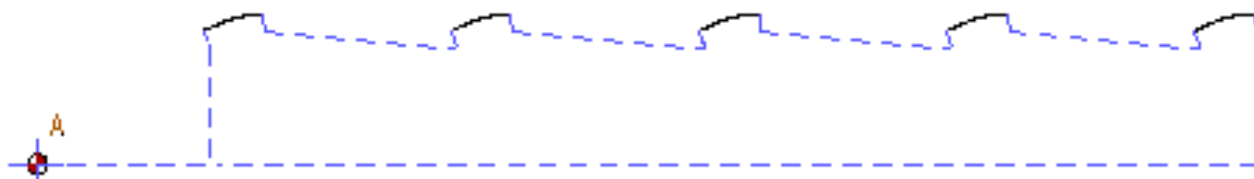


Рисунок 1.4 – Эскиз траектории движения фрезы

2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Проектирование сверлильного приспособления

2.1.1 Описание конструкции и принципа работы

Приспособление для фрезерования прикомлевых участков лопатки применяется на вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6Р13ФЗ. Одновременно обрабатываются 5 лопаток. Приспособление работает с помощью гидросистемы. На станке приспособление базируется по двум пальцам и закрепляется болтами.

Описание конструкции.

Детали: корпус, втулка-упорная, шайба, трубка, цилиндр, регулятор давления, зажим.

Стандартные единицы: болт М8х25 ГОСТ 7808-70, винт М8х40

ГОСТ 1728-66, винт М16х130 ГОСТ 1738-66, рым-болт М16 ГОСТ 4751-73, штифт 5Гх20 ГОСТ 3128-70, труба МЗ-М-10х1х4000 ГОСТ 617-72

Принцип работы.

Понижая давление в гидросистеме, уменьшаем давление в цилиндре. Под действием пружины винт отжимает зажим и можно установить лопатку. Базирование лопатки происходит по пазу хвостовика, а зажим по боковым поверхностям. Когда давление в гидросистеме повышается, втулка упорная оттягивает винт, а тот в свою очередь воздействует на зажим и лопатка закрепляется в приспособлении.

2.1.2 Расчет погрешности установки

Методика расчёта приспособления на точность базируется на том, что сумма погрешностей, возникающих в процессе обработки, не должна превышать величину допуска, установленного на размер обработки.

$$T_{\text{обр}} > \sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i = \varepsilon_{\text{уст}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{наст}} + \varepsilon_{\text{обр}}, \quad (2.2)$$

где: $\varepsilon_{\text{уст}}$ – часть погрешности обработки, зависящая от выбранной схемы установки заготовки в приспособление.

Погрешность установки определяем по [9, табл. 71, с. 175] – $\varepsilon_{\text{уст}} = 0,002$ мм.

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – часть погрешности обработки, зависящая от точности изготовления установочных элементов, их износа и установки приспособления на металлорежущем станке.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \quad (2.3)$$

где: Δ_1 – погрешность, обусловленная неточностью изготовления установочных элементов;

$\Delta_1 = T_{\text{у.с.}} = 0,003$ мм [10].

$\Delta_2 = 0,001$ мм – погрешность зависящая от величины допустимого износа установочных элементов [10];

Δ_3 – погрешность возникающая при установке приспособления на металлорежущем станке [10].

$$\Delta_3 = S_{\text{max}} \cdot \frac{L_{\text{обр}}}{L_{\text{пр}}}, \quad (2.4)$$

где: $S_{\text{max}} = 0,1$ мм – максимальный зазор между пазом стола и шпонкой;

$L_{\text{пр}} = 300$ мм – расстояние между шпонками в приспособлении;

$L_{\text{обр}} = 52$ мм – длина обрабатываемой поверхности.

$$\Delta_3 = 0,1 \cdot \frac{52}{300} = 0,007 \text{ мм.};$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,003 + 0,001 + 0,007 = 0,011 \text{ мм.}$$

где: $\varepsilon_{\text{настр}}$ – часть погрешности обработки, зависящая от точности изготовления настроечных элементов приспособления и процесса настройки, $\varepsilon_{\text{настр}} = 0,001$ мм [10].

$\varepsilon_{\text{обр}}$ – часть погрешности обработки, зависящая от износа режущего инструмента, геометрической неточности изготовления станка, упругих и тепловых деформаций системы СПИД.

$$\varepsilon_{\text{обр}} = \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_6 + \Delta_7, \quad (2.5)$$

где $\Delta_4 = 0,001$ мм – величина допуска износа режущего инструмента [10];
 $\Delta_5 = 0,002$ мм – величина погрешности зависящая от геометрической неточности изготовления металлорежущих станков [10];

$\Delta_6 = 0,001$ мм – величина погрешности зависящая, от деформаций системы СПИД [10];

$\Delta_7 = 0,001$ мм – величина погрешности зависящая, от температурных деформаций системы СПИД [10];

Таким образом, погрешность составляет:

$$\varepsilon_{\text{обр}} = 0,001 + 0,002 + 0,001 + 0,001 = 0,005 \text{ мм.}$$

Суммарная погрешность обработки:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i = 0,002 + 0,011 + 0,001 + 0,005 = 0,013 \text{ мм.}$$

По условиям расчёта приспособления на точность, сумма погрешностей, возникающих в процессе обработки, не должна превышать величину допуска, установленного на размер.

Исполнительный размер при фрезеровании $15_{(-0,04)}$

Величина допуска на размер обработки составляет $T=0,04$ мм, сумма погрешностей $\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon = 0,013$ мм.

Данное приспособление позволяет при обработке прикомлевых участков выдержать заданный размер с допуском на него $0,04$ мм.

2.1.3 Расчет приспособления на точность

Определяем средний размер обработки $A_{\text{ср}}$:

$$A_{\text{ср}} = A - \frac{T_a}{2} = 3 - \frac{0.5}{2} = 2.75 \text{ мм} \quad (2.6)$$

Определяем средний размер высоты установа:

$$H_{cp} = A_{cp} - S = (A - \frac{T_a}{2}) - S = 2.75 - 0.5 = 2.25 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Рассчитываем допуск на изготовление установа по формуле:

$$\begin{aligned} T_u &\leq T_a - (\kappa_1 \cdot E_{\delta} + E_3 + \kappa_2 \cdot \omega) \\ T_u &\leq 0.5 - (0.8 \cdot 0.04 + 0.16 + 0.6 \cdot 0.2) = 0.188 \end{aligned} \quad (2.8)$$

Назначаем исполнительный размер установа с односторонним допуском:

$$H = [(A_{cp} - \frac{T_a}{2}) - S]_{-\frac{T_u}{2}} = [(2.75 - \frac{0.5}{2}) - 0.5]_{-0.094} = 2.25_{-0.094} \text{ мм.} \quad (2.9)$$

2.1.4 Расчет необходимого усилия крепления заготовки

Методика определения необходимых сил закрепления основана на использовании принципа статического равновесия.

В общем случае уравнение сил равновесия детали в приспособлении, которые возникают под действием сил резания и сил зажима, имеет вид:

$$Q = kfP_{piz}, \quad (2.10)$$

где Q – сила зажима, Н;

k – коэффициент запаса;

f – коэффициент трения в местах контакта детали и приспособления;

P_{piz} – сила резания, Н.

Рассчитываем $Q_{ст.}$ силу на штоке компенсирующую силу резания:

$$Q_{cm} = \frac{P_3 \cdot l_1}{l_2} = \frac{1434 \cdot 0.004}{0.016} = 358.5 \text{ Н} \quad (2.11)$$

Определяем силу зажима которую может обеспечить:

$$Q = \frac{\pi(D_{II}^2 - D_{III}^2)}{4} \cdot P \cdot \eta, \quad (2.12)$$

где $P = 4 \text{ Атм} = 0.4 \text{ МПа}$; $\eta = 0.90$

$$Q = \frac{3.14(50^2 - 16^2)}{4} \cdot 0.4 \cdot 0.90 = 634 \text{ Н}$$

Рассчитываемый гидроцилиндр обеспечивает необходимую силу зажима
т.к. $Q \geq 1.5 \cdot P_3$; $Q = 880.77 \text{ Н} > 537.75 \text{ Н}$.

2.1.5 Расчет на прочность слабого элемента

В конструкции гидроцилиндра осевую нагрузку испытывает шток.
Условие прочности штока:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot P_{шт}}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p] = 250 \text{ МПа}, \quad (2.13)$$

где $P_{шт}$ - сила на штоке, которая равна 358.5Н.

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 358.5}{\pi \cdot 0.016^2} = 1.8 \text{ МПа}$$

Условие выполняется.

2.2 Контрольное приспособление

Приспособление универсальное, рассчитано для измерения размера 15,4-0,04.

Лопатка устанавливается в приспособление. Прибор настраивается по эталону с помощью щупа. Щуп связан с контактом, к которому присоединен электроконтактный датчик.

Принцип его действия состоит в том, что при перемещении измерительного стержня замыкаются или размыкаются контакты электронной цепи.

Электроконтактные устройства автоматического контроля просты, контакты, сравнительно мало чувствительны к помехам, надежны при эксплуатации в условиях производства. Ими можно измерять отношения размеров, получающихся при эксплуатации в процессе обработки, от заданных, что является их недостатком.

Конструкция разработанного приспособления отличается от базового. В разработанном приспособлении осуществлена замена механического измерителя на электрический.

Точность измерения для этого приспособления будет зависеть от точности изготовления копира.

3 ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

3.1. Определение необходимого количества оборудования на участке

Расчёт количества станков проведём по формуле:

$$S_{pi} = \frac{t_{ш-к.i} \cdot N}{F_{\partial} \cdot 60}, \quad (3.1)$$

где $t_{ш-к}$ – штучно-калькуляционное время i -ой операции, мин;

$N = 1000$ шт – годовая программа выпуска;

$F_{\partial} = 3815$ часов – действительный годовой фонд времени работы оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования рассчитаем по формуле:

$$K_{3.o.i} = \frac{S_{p.i}}{S_{n.i}} \quad (3.2)$$

Рассчитаем количество станков и коэффициент загрузки оборудования по операциям.

$$\begin{aligned} S_{p20} &= \frac{1,077 \cdot 35000}{3815 \cdot 60} = 0,16 \Rightarrow S_{n20} = 1; K_{3.o.20} = \frac{S_{p.20}}{S_{n.20}} = \frac{0,16}{1} = 0,16; \\ S_{p25} &= \frac{1,94 \cdot 35000}{3815 \cdot 60} = 0,29 \Rightarrow S_{n25} = 1; K_{3.o.25} = \frac{S_{p.25}}{S_{n.25}} = \frac{0,29}{1} = 0,29; \\ S_{p40} &= \frac{0,95 \cdot 35000}{3815 \cdot 60} = 0,15 \Rightarrow S_{n30} = 1; K_{3.o.40} = \frac{S_{p.40}}{S_{n.30}} = \frac{0,15}{1} = 0,15; \\ S_{p45} &= \frac{1,39 \cdot 35000}{3815 \cdot 60} = 0,21 \Rightarrow S_{n45} = 1; K_{3.o.45} = \frac{S_{p.45}}{S_{n.45}} = \frac{0,21}{1} = 0,21; \\ S_{p70} &= \frac{1,52 \cdot 35000}{3815 \cdot 60} = 0,23 \Rightarrow S_{n70} = 1; K_{3.o.70} = \frac{S_{p.70}}{S_{n.70}} = \frac{0,23}{1} = 0,23; \\ S_{p105} &= \frac{1,51 \cdot 35000}{3815 \cdot 60} = 0,23 \Rightarrow S_{n105} = 1; K_{3.o.105} = \frac{S_{p.105}}{S_{n.105}} = \frac{0,23}{1} = 0,23; \\ S_{p160} &= \frac{0,88 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,13 \Rightarrow S_{n160} = 1; K_{3.o.160} = \frac{S_{p.160}}{S_{n.160}} = \frac{0,13}{1} = 0,13; \\ S_{p175} &= \frac{2,69 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,41 \Rightarrow S_{n175} = 1; K_{3.o.175} = \frac{S_{p.175}}{S_{n.175}} = \frac{0,41}{1} = 0,41; \end{aligned}$$

Средний коэффициент загрузки оборудования:

Средний коэффициент загрузки оборудования:

$$\bar{K}_3 = \frac{\sum S_p}{\sum S_n};$$

$$\bar{K}_3 = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} = \frac{6,4}{8} = 0,8.$$

3.2 Описание планировки оборудования в цехе

В зависимости от масштаба производства, размеров цеха и организации работы проектируются дополнительные отделения цеха. К ним относятся:

Инструментальная служба цеха, к которой относятся:

- заточное отделение;
- отделение по ремонту инструмента и оснастки;
- инструментально-раздаточная кладовая;
- кладовые приспособлений и абразивов.
- склады;
- БТК;
- цеховые и санитарно-технические помещения.

Для транспортировки заготовок в цеху, от станка к станку, используется кран-балку грузоподъемностью 5000 кг. При перемещении заготовок между цехами используются электрокары.

Уборка стружки на станках производится автоматически. Для этой цели на участке предусмотрен конвейер.

Основным принципом при разработке плана размещения оборудования является принцип обеспечения прямооточности движения деталей в процессе их обработки, а также установкой оптимальных расстояний между оборудованием конструкторскими элементами. При этом необходимо учесть такие правила:

- расстояния берут между внешних габаритных размеров станка;
- при установке станка на фундамент расстояния принимают с учётом конструкции и глубины фундамента;
- расстояния должны учитывать промышленные проводки, площадки для хранения деталей.

Учитывая все эти требования, назначаем: проезд – 4500 мм, проход на участке – 2000 мм, расстояние между станками принимаем – 1000 мм.

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5 ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧЕРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

5.1 Анализ потенциальных опасностей

Дипломным проектом предусмотрено выполнение работ по изготовлению детали Лопатка рабочая 1 ступени КНД двигателя Д 36. Обработка выполняется в механическом цехе Государственного предприятия «Запорожское машиностроительное конструкторское бюро «Прогресс» имени академика А.Г.Ивченко. При работе оборудования могут возникнуть опасные и вредные производственные факторы, связанные с особенностями обработки на металлорежущих станках.

Фрезерные станки:

- возможность получения травм подвижными узлами станка в случае:
 - 1) нарушение правил ТБ;
 - 2) неисправность оборудования;
 - 3) низкая квалификация оператора (рабочего);
 - 4) нарушение целостности кожи, заостренными поверхностями детали;
 - 5) захламление рабочего места;
 - 6) нерациональное планирование рабочих мест.
- получение травмы при вылете заготовки, в случае недостаточного усилия зажатия;
- смещение станка в случае избыточной вибрации при незафиксированном положении оборудования.

Сверлильные станки:

- 1) выше перечисленные пункты, относящиеся, к фрезерным станкам;
- 2) при неверно заданных режимах резания возникает вероятность поломки сверел, зенкеров и другого инструмента.

Шлифовальные станки:

- 1) выше перечисленные пункты, относящиеся, к фрезерным станкам;

2) использование шлифовального круга не по назначенным ему требованиям:

- вести обработку боковой поверхностью круга, если круг не предназначен специально для этой работы;
- использование шлифовальных кругов для обработки непредназначенных для них материалов.

3) возможность поражения электрическим током при нарушении правил электробезопасности либо при отсутствии защитного заземления;

4) возможность ожога при контакте с деталями или оборудованием при температурах выше 60°C при работе без СОЖ или неправильно подобранных режимах обработки детали;

5) возможность падения рабочего на скользких полах при обуви, несоответствующей требованиям ТБ.

Санитарно-гигиенические причины ухудшения здоровья:

1) повышенный уровень шума, создаваемый оборудованием при работе в цехе, приводит к повышенной утомляемости оператора станка;

2) повышенная запыленность в зоне дыхания рабочих при отсутствии средств защиты, либо при нарушении правил ТБ;

3) недостаточное освещение приводит к повышенным нагрузкам на орган зрения и повышение утомляемости (в результате длительного времени);

4) костно-мышечные нарушения связанные с длительной статической нагрузкой;

5) повышенная вибрация привести к виброболести (в результате длительного времени).

6) неблагоприятные параметры микроклимата цеха;

Психо – физиологичная нагрузка связана, прежде всего, с:

1) работой в условиях усталости;

2) повышенной ответственностью.

Поскольку тема дипломного проекта «Проектирование механического цеха по изготовлению детали «кронштейн», потому ниже рассмотрим мероприятия по охране труда, производственной санитарии, гигиены труда и пожарной безопасности, при эксплуатации, ремонте, монтаже данного станка в механическом цехе, которые не только позволяют улучшить технические параметры оборудования, но и обеспечить более высокую безопасность.

5.2 Мероприятия по обеспечению техники безопасности

Рассматривается механический участок цеха ГП «Ивченко Прогресс». На участке представлены станки разных групп: токарные, зубофрезерные, сверлильные, шлифовальные и другие. По технологическому процессу основной объем работ по снятию припуска выполняют токарные станки, а другие дополняют эту работу и способствуют получению уже готовой детали. Рассмотрим в совокупности мероприятия по охране труда при выполнении работ на металлообрабатывающих станках, на которых происходит обработка детали «стенка лопаточного диффузора». Также эти станки используются для обработки других типовых деталей данного класса.

Общие требования безопасности, предъявляемые к металлообрабатывающим станкам, определены ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности», а дополнительные требования, вызванные особенностями их конструкции и условий эксплуатации, указываются в нормативно-технической документации на станки. Согласно этому стандарту токарные работы следует выполнять согласно проектам проведения работ, или другими нормативно-техническими документами. При работах на токарных станках необходимо соблюдать

требования ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное» и ГОСТ 12.2.062-81 «Ограждения защитные».

Персонал, задействованный для выполнения токарных работ, обеспечен санитарно бытовыми помещениями и качественной питьевой водой.

Легкодоступные подвижные части станков, которые могут стать причиной несчастного случая, закрыты металлическими ограждениями. Защитные устройства должны быть жесткими, выполняемыми из листовой стали толщиной не менее 0,8 мм, листового алюминия толщиной не менее 2 мм или прочной пластмассы толщиной не менее 4 мм. При необходимости, защитные устройства должны иметь смотровые окна достаточных размеров, имеющие в случаях их применения на станках, работающих лезвийным инструментом, стекло толщиной не менее 4 мм безопасное по ГОСТ 5727-83 «Стекло безопасное для наземного транспорта» или другой прозрачный материал, не уступающий по эксплуатационным свойствам указанному материалу.

Ограждению подлежат:

- зубчатые, цепные и червячные передачи;
- шпиндель;
- место обработки заготовки.

Все электротехнические элементы станка должны иметь одинарную рабочую изоляцию, а так же являются заземленными без исключения в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. «Защитное заземление, зануление». Так же все электротехнические элементы принадлежат к I классу электротехнических изделий по способу защиты человека от поражения электрическим током – то есть имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и элемент для заземления в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0-75 (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности». Для защиты электротехнических изделий от короткого замыкания использованы специальные токоограничивающие электрические реакторы, которые включаются последовательно в схему и работают как индуктивное

дополнительное сопротивление, уменьшающее ударный ток при коротком замыкании, что увеличивает устойчивость системы в целом. Для защиты электродвигателей от междуфазных коротких замыканий применяется токовая отсечка. Защита от перегрузок не предусмотрена, так как она необходима только для изделий, подверженных перегрузке по технологическим причинам, или с особо тяжелыми условиями пуска. При нарушении режима работы электродвигателей используется специальная защита минимального напряжения, отключающая неответственные электродвигатели при снижении напряжения на их выводах до 60-70 % номинального.

На территории и в цехах завода используются электрокары и электроподъемники. Для их перемещения на улице выполнена специальная разметка дорог, оборудованы пешеходные переходы. В цехах завода, где расположены станки и другое оборудование, маршруты движения внутризаводского транспорта отмечены белой краской на полу, их размеры предусмотрены НПАОП 63.1-7.26-86 ОСТ 23.33-86 «Обеспечение безопасности эксплуатации внутризаводского автодорожного транспорта».

Строения и сооружения административного и бытового назначения соответствуют ДБН В 2.2-28:2010 «Будинки адміністративного та побутового призначення».

Административные и бытовые помещения строительно-монтажных организаций допускается размещать в мобильных домах, которые должны отвечать требованиям ДСТУ Б В.2.2-22:2008 «Будинки і споруди. Будівлі мобільні (інвентарні). Загальні технічні умови», ГОСТ 25957 «Здания и сооружения мобильные (инвентарные), классификация. Термины и определения». Общая площадь здания следует определять в соответствии со СНиП 2.09.02-85 «Строительные нормы и правила производственные здания». Площадь мансардного этажа и мансардных помещений должны соответствовать. Высота помещений от пола до потолка должна быть не менее 2,5 м, в климатической зоне IVB - не менее 2,7 м. Высота залов собраний, столовых и

административного помещений вместимостью более 50 человек должна быть не менее 3 м. Высоту помещений в мобильных зданиях допускается принимать 2,4 м. Площадь помещений при высоте 2,4; 2,5 и 2,7 м с постоянным пребыванием работающих следует увеличивать на 7%.

Высоту от пола до низа выступающих конструкций перекрытий, оборудования и коммуникаций, а также высоту от пола до потолка в коридорах следует принимать не менее 2,2 м. Высоту технических этажей следует принимать с учетом размещаемого оборудования, инженерных сетей и условий их эксплуатации; при этом в местах прохода обслуживающего персонала высота в чистоте должна быть не менее 1,9 м.

Во встроенных помещениях производственных зданий допускается предусматривать туалеты, помещения для отдыха, обогрева или охлаждения, личной гигиены женщин, ванн для рук, устройства питьевого водоснабжения, умывальные, душевые, помещения для мастеров и другого персонала, которые по условиям производства следует размещать вблизи рабочих мест, а в помещениях категорий В, Г и Д - также помещения для курения. В зданиях IV степени огнестойкости встроенные помещения (за исключением туалетов, помещений личной гигиены женщин, ванн для рук и ног, устройств питьевого водоснабжения, умывальных и душевых) не допускается размещать наружных стен, на антресолях и площадках. Высоту встроенных помещений (от пола до потолка) допускается принимать не менее 2,4 м.

Площадь вестибюля зданий следует принимать из расчета $0,2 \text{ м}^2$ на одного работающего в наиболее многочисленной смене, но не менее 18 м^2 .

В зданиях следует предусматривать помещения для хранения, очистки и сушки уборочного инвентаря, оборудованные системой горячего и холодного водоснабжения и, как правило, смежные с туалетами. Площадь этих помещений следует принимать из расчета $0,8 \text{ м}^2$ на каждые 100 м^2 площади этажа, но не менее 4 м^2 . При площади этажа менее 400 м^2 допускается предусматривать одно применение на два смежных этажа.

Сообщение между отопливаемыми производственными зданиями и бытовыми помещениями, стоящими отдельно, следует предусматривать через отопливаемые переходы. Отопливаемые переходы допускается не предусматривать из домов, размещаются в IVB климатической зоне, а также независимо от климатической зоны - с отопливаемых производственных зданий с численностью работающих в каждом не более 30 человек в смену. При этом в производственных зданиях должны быть предусмотрены помещения для хранения теплой верхней одежды, оборудованные вешалками.

Сообщение между подвалом или цокольным этажом и первым этажом допускается устраивать по отдельным лестницам, ведущим в коридор, холл или вестибюль первого этажа, при условии соблюдения требований ДБН 1.1-7.4.13. С встроенных помещений, размещаемых в производственных строениях на антресолях и площадках, допускается предусматривать выходы в производственные помещения по открытой лестнице типа С2. Расстояние от выходов из указанных выше встроенных помещений к выходам наружу следует принимать до СНиП 2.09.02 в зависимости от категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

Минимальная ширина проходов в цехах и отделениях: основных— 1,5 м; вспомогательных— 1 м.

Места выполнения станочных работ обеспечены знаками безопасности согласно ГОСТ 12.4.026-76 «Цвета сигнальные и знаки безопасности».

Красный сигнальный цвет следует применять для:

- обозначения отключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных;
- захватных устройств промышленных роботов;
- рукояток кранов аварийного сброса давления;
- корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением;

- окантовки щитов белого цвета для крепления пожарного инструмента и огнетушителей. Ширина окантовки должна составлять от 30 до 100 мм.

Желтый сигнальный цвет следует применять для:

- элементов строительных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм работающими;

- элементов производственного оборудования, неосторожное обращение с которыми представляет опасность для работающих;

- обозначения опасных при эксплуатации элементов внутризаводского транспорта, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин;

- обозначения емкостей, содержащих опасные или токсичные вещества;

- подвижных монтажных устройств или их элементов и элементов грузозахватных приспособлений, подвижных частей кантователей, траверс, подъемников, подвижных частей монтажных вышек и лестниц.

Зеленый сигнальный цвет следует применять для световых табло (надпись белого цвета на зеленом фоне), эвакуационных выходов и декомпрессионных камер, сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы машин или автоматических линий.

5.3 Мероприятия по обеспечении производственной санитарии и гигиены труда

На участке оператора и помещении цеха обеспечиваются оптимальные параметры микроклимата согласно ДСН 3.3.6 – 042 – 99 «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений». Для помещения цеха (категория работ II б): температура воздуха 17-19°C для холодного периода года и 20-22°C для теплого периода года, обеспечивается кондиционерами (первый класс

кондиционирования) и блоками тепловых электрообогревателей; влажность воздуха – 40-60%, обеспечивается ультразвуковыми увлажнителями; скорость движения воздуха – 0,2м/с. Чистота воздуха обеспечивается системой вентиляции с естественным возбуждением и системой фильтров.

В помещении цеха в соответствии с ДБН В.2.5 – 28 – 2006 «Естественное и искусственное освещение» обеспечивается 2 вида производственного освещения: естественное и искусственное. Естественное освещение цеха обеспечивается использованием окон с обеих сторон цеха. Аварийное и эвакуационное освещение обеспечивается лампами накаливания по ГОСТ 2239-79 «Лампы накаливания общего назначения», которые установлены в важнейших точках цеха и эвакуационных путях. Для аварийного освещения обеспечивается световой поток в 2 лк, для эвакуационного – 0,5лк. Охранное и дежурное освещение обеспечивается рядом галогенных ламп по ГОСТ 27428-87 «Кварцево-галогенные лампы», которые обеспечивают световой поток в 0,5лк.

Защита от шума выполняется в соответствии с СНиП II -12-77 «Защита от шума», ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» и ГОСТ 12.1.003-83* «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

При работе оборудования цеха: токарные, сверлильные, зубофрезерные, круглошлифовальные, внутришлифовальные, зубошлифовальные и зубострогальные станки – образуется шум.

Защита от вибрации выполняется по всем предписания нормативного документа ДСТУ ISO 2631-1:2004 «Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину производственного персонала» обеспечивается следующим путем: для защиты внутрицеховых помещений используется звукоизоляционный материал, который встроен в конструкцию дверей и оконных рам; для защиты производственного персонала используются специальные звукопоглощающие наушники.

Для защиты от вибрации, поддоны на который стоят рабочие оборудованы системой демпфирования, которая позволяет снизить уровень вибрации от работы окружающего оборудования к допустимым значениям, и исключить возможность возникновения резонанса от колебаний металлорежущего оборудования вследствие работы других механизмов.

5.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

После проведения анализа материалов, которые используются при производстве в цехе, было выяснено, что производственный цех принадлежит к категории Г, взрывопожарной и пожарной опасности согласно ДБН В.2.5-20-2001 «Нормы проектирования. Производственные здания промышленных предприятий».

В соответствии с ДБН В.1.1.7.- 2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» и категорией производства, по пожарной безопасности определяем, что данный цех принадлежит к II степени огнестойкости.

Учитывая пожарную опасность производства, предусмотрена следующая система противопожарных мероприятий: в проекте здания предусмотрено пожарное водоснабжение и также установленные огнетушители, ящики с песком и пожарные щиты. Противопожарный водопровод соединяется с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом. Давление в сети противопожарного водопровода при пожаротушении составляет не менее 1,0 атм. Норма затраты воды на внутреннее пожаротушение принимается из расчета двух пожарных струй производительностью не менее 2,5 л/сек каждая. В здании установлено 2 пожарных крана с рукавами и брансбойтами.

По периметру площадки установлено 2 пожарных щита. В состав каждого пожарного щита входит:

- Багор (1 штука);
- Лом (1 штука);
- Лопата (1 штука);
- Ведро пожарное конусное (2 штуки).

Так же рядом с пожарными щитами установлены ящики с песком, который можно использовать при тушении мелких пожаров. Так как пожарных щитов

установлено 2 штуки, следовательно, ящиков с песком так же установлено 2 штуки.

На участке цеха принято:

- огнетушитель ОП – 4 – 8 шт.;
- ящик с песком 0,5 м – 2шт;
- пожарный щит – 2 шт.

5.5 План эвакуации

Следуя ДСТУ 7295:2013 «Размеры планов эвакуации выбирают не менее: 600х400 мм - для этажных и секционных планов эвакуации; 400х300 мм - для локальных планов эвакуации» (локальные планы разрабатываются для отдельных помещений, например для комнат в общежитии, палат в больнице или номеров гостиницы). То есть план эвакуации согласно ДСТУ 7295:2013 для этажа или его части должен иметь размер, как минимум А2. Размер плана эвакуации выбирается в зависимости от его назначения, площади помещения, количества эвакуационных и аварийных выходов.

Следующее требование к изготовлению новых планов эвакуации это текстовая часть

В текстовой части следует излагать:

- способы оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации (пожара, аварии и др.);
- порядок и последовательность эвакуации людей;
- обязанности и действия людей, в том числе порядок вызова пожарных или аварийно-спасательных подразделений, экстренной медицинской помощи и др.;
- порядок аварийной остановки оборудования, механизмов, отключения электропитания и т.п.;

- порядок ручного (дублирующего) включения систем (установок) пожарной и противоаварийной автоматики.

Текстовая часть планов эвакуации должна содержать инструкции о действиях в условиях чрезвычайной ситуации (при пожаре, аварии и т.п.), дополненные для наглядности знаками безопасности и символами в соответствии с перечислениями.

Высота знаков безопасности и символов на плане эвакуации должна быть от 8 до 15 мм, на одном плане эвакуации они должны быть выполнены в едином масштабе.

Цветографические изображения знаков безопасности, символов ИМО и знаков безопасности (символов) отраслевого назначения на планах эвакуации должны соответствовать требованиям [ГОСТ Р 12.4.026](#), Резолюций ИМО А.654 (16), А.760 (18) и нормативным документам отраслевого назначения.

Следующий пункт это нормы графического изображения плана эвакуации: Графическая часть должна включать в себя этажную (секционную) планировку здания, сооружения, транспортного средства, объекта с указанием:

- путей эвакуации
- эвакуационных выходов и (или) мест размещения спасательных средств
- аварийных выходов, незадымляемых лестничных клеток, наружных открытых лестниц и т.п.;
- места размещения самого плана эвакуации в здании, сооружении, транспортном средстве, объекте;
- мест размещения спасательных средств, обозначаемых знаками безопасности и символами ИМО;
- мест размещения средств противопожарной защиты, обозначаемых знаками пожарной безопасности и символами ИМО.

При составлении плана эвакуации в обязательном порядке выполняется хронометраж.

Данные о проведении плановых учений и хронометраже заносятся в специальный журнал отработки плана эвакуации.

Таблица 5.1 – Журнал отработки плана эвакуации

Дата	Вводная информация	Общее время эвакуации	Хронометраж отдельных эпизодов эвакуации	Выявленные недостатки
1	2	3	4	5

5.6 Мероприятия по обеспечению безопасности в чрезвычайных ситуациях

1. Обучение населения действиям в чрезвычайных ситуациях осуществляется:

- 1) по месту работы - работающего населения;
- 2) по месту учебы - детей дошкольного возраста, учащихся и студентов;
- 3) по месту жительства - неработающего населения.

Организация обучения действиям в чрезвычайных ситуациях возлагается:

1) работающего и неработающего населения - на центральный орган исполнительной власти, который обеспечивает формирование и реализует государственную политику в сфере гражданской защиты, Совет министров Автономной Республики Крым, местные государственные администрации, органы местного самоуправления, которые разрабатывают и утверждают соответствующие организационно-методические указания и программы по подготовке населения к таким действиям;

2) детей дошкольного возраста, учащихся и студентов - на центральный орган исполнительной власти, который обеспечивает формирование и реализует государственную политику в сфере образования и науки, который разрабатывает и утверждает учебные программы по изучению мер безопасности, способов защиты от влияния опасных факторов, вызванных чрезвычайными ситуациями, по предоставлению домедицинской помощи по согласованию с центральным органом исполнительной власти, который обеспечивает формирование и реализует государственную политику в сфере гражданской защиты.

3. Стандартами профессионально-технического и высшего образования предусматривается получение знаний в сфере гражданской защиты.

4. Порядок осуществления обучения населения действиям в чрезвычайных ситуациях устанавливается Кабинетом Министров Украины.

5. Общественные организации и внешкольные учебные заведения осуществляют обучение действиям в чрезвычайных ситуациях согласно своих уставов.

6 СПЕЦЧАСТЬ

6.1 Холодная вальцовка. Основные понятия.

Холодная вальцовка является весьма эффективным способом изготовления лопаток компрессора ГТД. Холодное вальцевание - это завершающая формообразующая операция в технологическом процессе изготовления лопаток, заключающаяся в том, что предварительно точно обработанную заготовку подвергают пластической деформации при комнатной температуре.

Холодная вальцовка применяется для изготовления однозамковых и беззамковых лопаток длиной до 400мм из сталей, титановых сплавов, жаропрочных сплавов с повышенной пластичностью при холодной деформации. Этот метод позволяет изготавливать лопатки без припуска по перу на механическую обработку, снизить трудоемкость, объем доводочных работ и расход металла. При этом исключаются операции фрезерования и ручной полировки пера, повышается стабильность качества лопатки, размеров и формы готового профиля пера в соответствии с чертежом, обеспечивается требуемый уровень прочностных и эксплуатационных характеристик лопаток.

Необходимые технические требования не может обеспечить ни один из применяемых технологических процессов при экономически целесообразном уровне трудоемкости изготовления. Оптимальной является технологическая схема изготовления лопатки компрессора ГТД, включающая в себя холодную вальцовку для окончательного формообразования пера.

Профиль пера при вальцовке окончательно оформляется на выходе из валков, т.е. толщины каждого отдельно взятого сечения при абсолютно жестких валках зависят только от точности инструмента. Наиболее распространенный материал для изготовления вальцованных лопаток - жаропрочный сплав ЭП718ИД. После последнего перехода предусматривается термообработка в вакууме. На предприятии ОАО «Мотор Сич» вальцевание производят на специальных установках собственной разработки и изготовления, которые рассчитаны на три типоразмера лопаток:

-УВЛ-30 - для лопаток высотой до 30мм. На установках УВЛ-30 выполняется вальцевание профиля пера лопаток рабочих компрессора 6...12 ступени изд. ТВЗ-117ВМА-СБМ1. Среднее машинное время выполнения операции вальцевания на установке УВЛ-30 – 10...15 секунд.

-УВЛ-100 - для лопаток высотой до 100мм. На установках УВЛ-100 выполняется вальцевание профиля пера лопаток рабочих компрессора 1...5 ступени и 3, 4 ступени лопаток НА изд. ТВЗ-117ВМА-СБМ1. Среднее машинное время выполнения операции вальцевания на установке УВЛ-100 – 15...25 секунд.

-УВЛ-250 для лопаток высотой до 250мм.

Вальцевание позволяет исключить из технологического процесса изготовления лопатки операции шлифования, полирования и деформационного упрочнения пера. Снижает трудоемкость изготовления лопатки на 35-40%, объем ручных полировальных работ - на 50-55%.

Вальцовка является основной операцией в изготовлении пера лопатки, поэтому точность вальцевания напрямую влияет на длительность и точность всего процесса изготовления лопаток ГТД.

6.2 Технологическая модель вальцевания

Технологическая модель вальцевания представлена на рис.6.1. Она принята исходя из следующих факторов:

- В заготовке изготавливаемой методом точной штамповки припуск по профилю пера $0,5+0,1$ мм на сторону при неравномерности припуска по толщине пера до $0,15$ мм является технологически оптимальными, учитывающим необходимую стойкость штампов, стабильность получения размеров в партии заготовок и операции по удалению окалины и дефектного слоя.

- Вальцевание профиля пера с одинаковым обжатием по профилю пера в мм позволяет использовать в оснастке, вальцовочных инструментах и мерителе только заданный чертежом профиль пера. Все операции вальцевания каждого наименования лопатки выполняются одним и тем же вальцовочным инструментом, а величина обжатия регулируется при настройке вальцовочных установок за счет изменения межосевого расстояния между валками.

В одной партии заготовок размеры по профилю пера отличаются незначительно. Это позволяет наладчику с помощью различных технологических приемов выполнить настройку вальцовочной установки на вальцевание партии лопаток одной градации в пределах допусков чертежа.

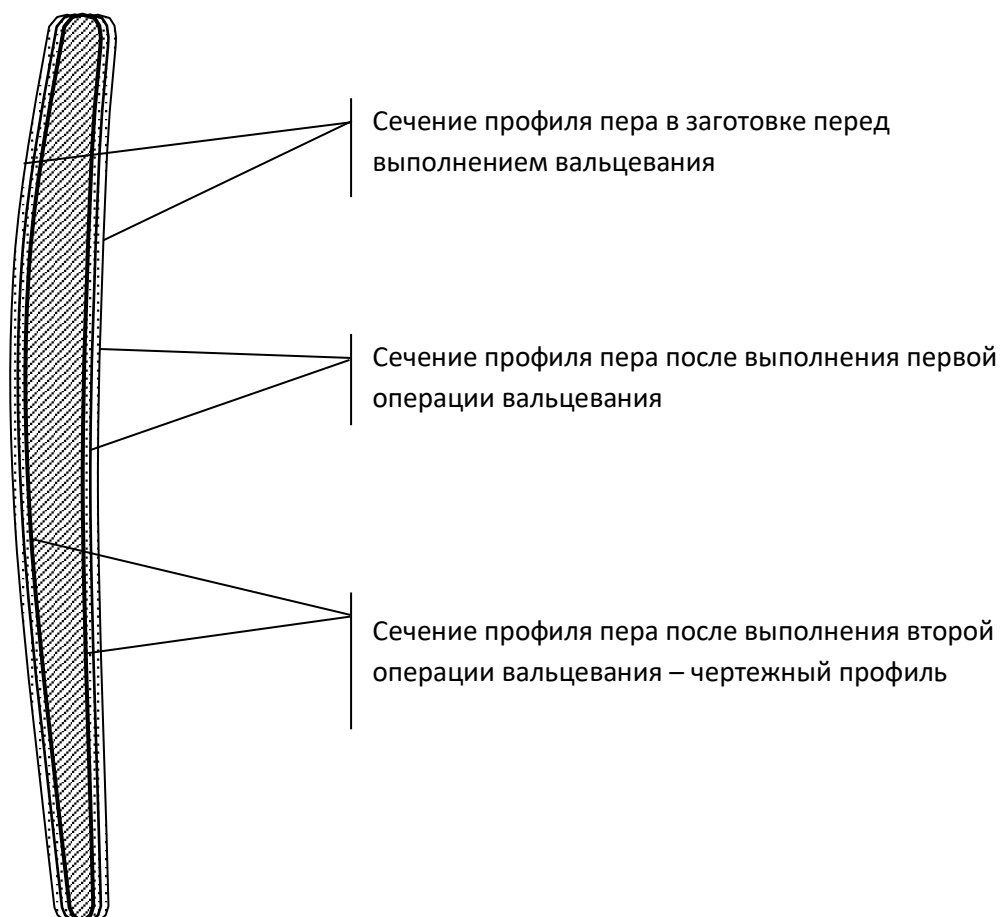


Рисунок 6.1. - Технологическая модель вальцевания профиля пера

6.3 Технологический процесс холодного вальцевания профиля пера лопаток на установках УВЛ-30, УВЛ-100

На установках УВЛ-30 и УВЛ-100 выполняется холодное вальцевание профиля пера всех лопаток рабочих компрессора и лопаток НА 3, 4 ступени изд. ТВЗ-117, имеющих переменный по высоте лопатки профиль сечения пера. Вальцевание профиля пера выполняется в размер чертежа за две операции вальцевания со средним обжатием профиля по толщине 0,1...0,15мм на каждой операции.

На валках установок предусмотрены специальные посадочные места для установки и крепления вальцовочного инструмента - секторных вставок «спинка» и «корыто». Вальцевание осуществляется прокаткой профиля пера лопатки между секторными вставками «спинка» и «корыто». Вращение валков с секторными вставками строго согласовано между собой и осуществляется от одного гидроцилиндра привода валков. Величина обжатия регулируется изменением межосевого расстояния между валками.

Лопатка устанавливается в захват, который ориентирует ее в осях X, Y и Z относительно системы координат профиля секторных вставок. Захват устанавливается на штоке гидроцилиндра, который осуществляет рабочие перемещения лопатки вдоль оси Z.

Рабочий цикл установок УВЛ.

Рабочий цикл установок УВЛ осуществляется автоматически. В нем необходимо выделить следующие позиции:

1) Позиция загрузки представлена на рис.6.2. Захват для лопатки расположен в крайнем верхнем положении. Секторные вставки максимально раскрыты, что удобно для установки и снятия лопатки. Расстояние между осями валков максимальное за счет автоматики отвода правого валка с секторной вставкой «корыто» от оси вальцевания клиновым механизмом установки.

2) Позиция перед началом вальцевания представлена на рис.6.3. Шток гидроцилиндра опускает лопатку вдоль оси Z на расчетную высоту. Клиновой механизм перемещает правый валок к оси вальцевания на предварительно настроенный размер (в зависимости от величины обжатия и т.п.). Включается привод рабочего вращения валков с секторными вставками.

3) Позиция начала вальцевания представлена на рис.6.4. Позиция начала вальцевания корневой части пера. Показано сечение профиля пера в плоскости валков. После включения привода валков начинается их синхронное вращение. Профиль секторных вставок входит в контакт с профилем лопатки. Начинается обжатие профиля. Так как максимальная деформация происходит в плоскости осей валков, обжатие начинается чуть ниже плоскости валков (в зависимости от обжимаемого припуска). Обжатие по профилю начинается с расположенной на минимальном расстоянии от хвостовика части пера.

Вращающиеся секторные вставки входят в контакт с поверхностью профиля пера лопатки и начинают выталкивать лопатку и связанную с ней систему «захват-шток гидроцилиндра». Противодействие веса этой системы и давление масла, возникающее в полости гидроцилиндра при его выходе через клапан, обеспечивают некоторое проскальзывание в месте контакта, пока силы трения не начинают превышать противодействие системы. Это обеспечивает начало вальцевания вблизи радиуса перехода.

Через 1...2мм хода штока гидроцилиндра, когда уже обеспечено надежное обжатие профиля пера между секторными вставками «спинка» и «корыто», включается гидроцилиндр вытяжки, создающий усилие вытяжки Р. Дальнейшее вальцевание профиля происходит с постоянным усилием вытяжки, которое значительно ослабляет негативное влияние на уводы пера неравномерности припуска по профилю пера.

4) Позиция в середине хода вальцевания представлена на рис.6.5. Вальцуется профиль средних сечений пера. Показано сечение профиля пера в плоскости валков.

5) Позиция в конце хода вальцевания представлена на рис.6.6. Вальцуется профиль периферийных сечений пера. Показано сечение профиля пера в плоскости валков.

6) Позиция окончания цикла представлена на рис.6.7. Шток гидроцилиндра возвращает лопатку в позицию загрузки, возврат валков в позицию загрузки.

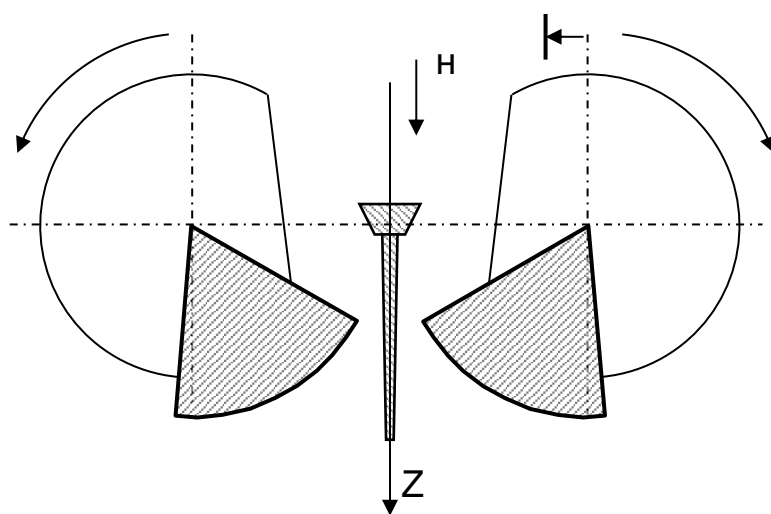
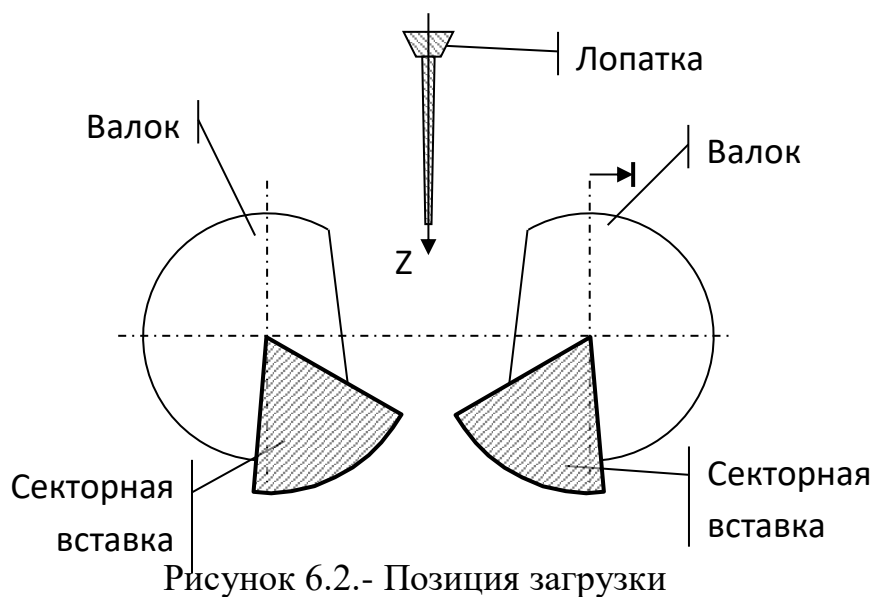


Рисунок 6.3 - Позиция перед началом вальцевания

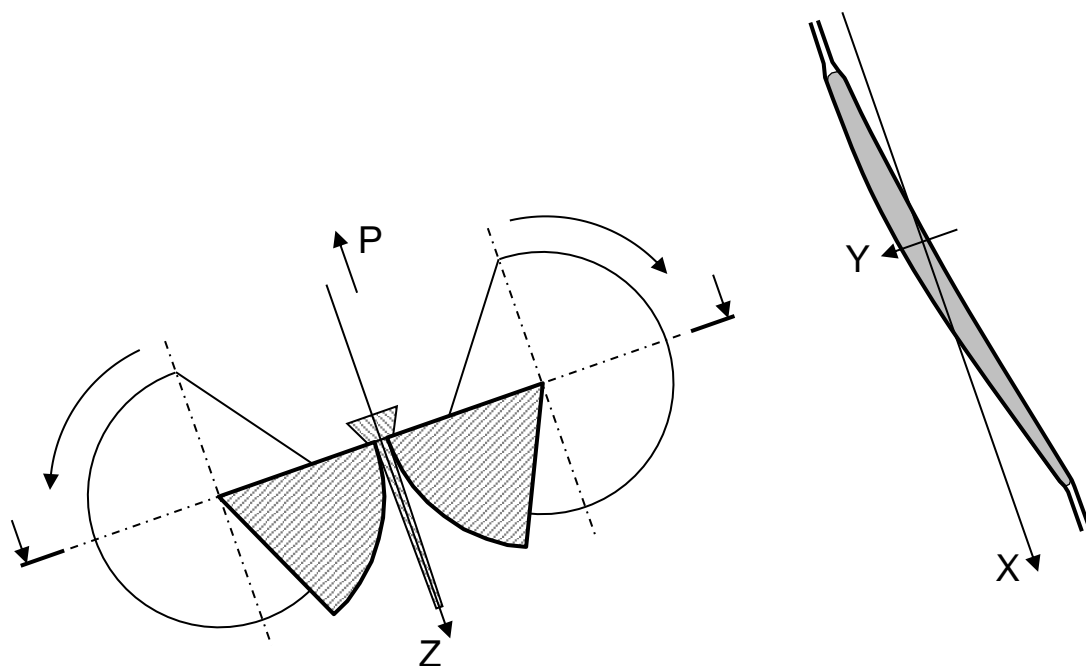


Рисунок 6.4 - Позиция начала вальцевания.
Сечение профиля пера в плоскости валков

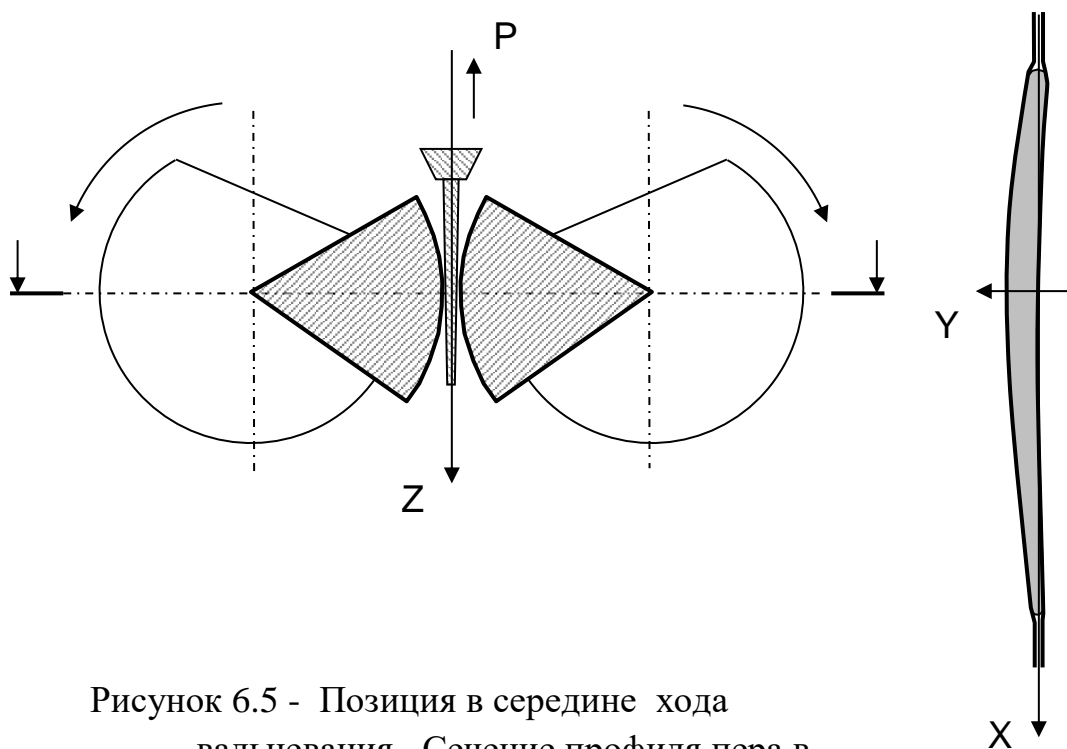


Рисунок 6.5 - Позиция в середине хода
вальцевания. Сечение профиля пера в

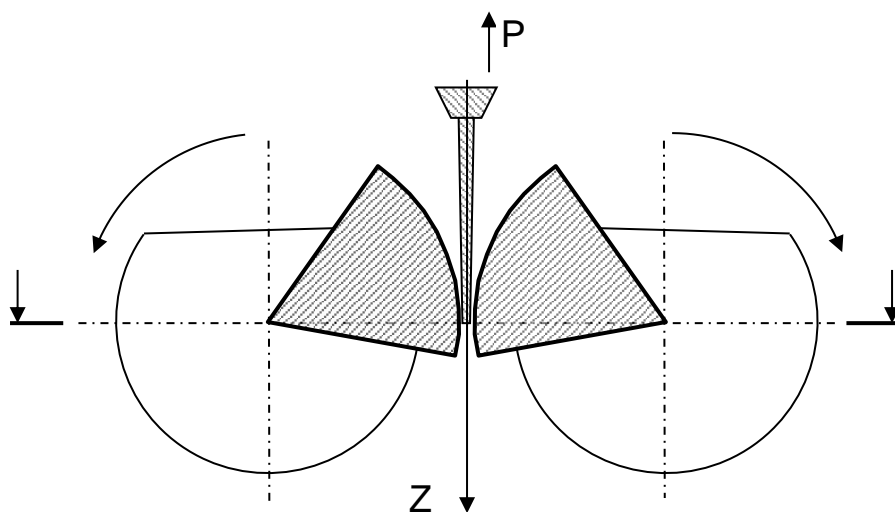


Рисунок 6.6 - Позиция в конце хода вальцевания.
Сечение профиля пера в плоскости валков

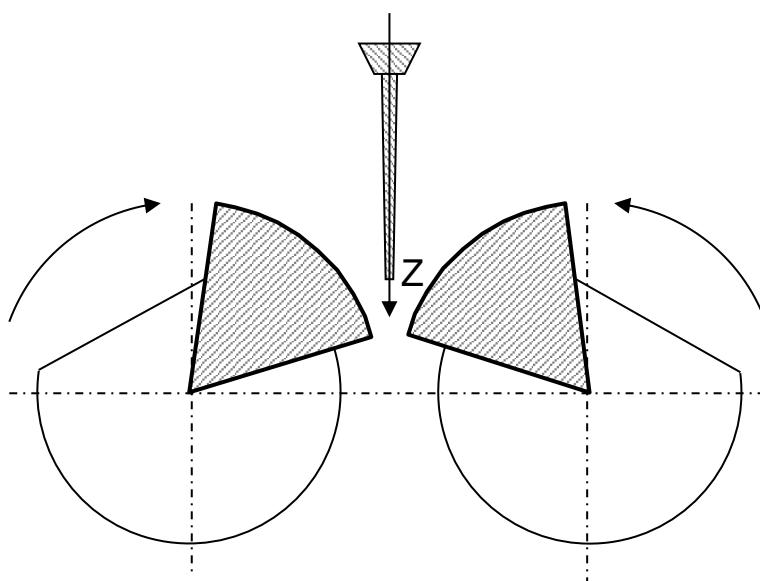
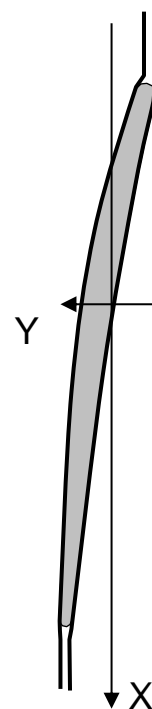


Рисунок 6.7 - Позиция окончания цикла

6.4 Возможные варианты решения проблемы

6.4.1 Периодическая проверка установок УВЛ-30 и УВЛ-100

Периодическая проверка установок УВЛ-30 и УВЛ-100 на точность производится с помощью контрольных секторных вставок с цилиндрической поверхностью и эталона (или эталонной лопатки шлифованной по оси Z).

Основные проверки:

1) На несоосность валков и отклонений размеров посадочных мест: вальцуется прямоугольный листовой образец с обжатием 0,1мм. После вальцевания контролируется толщина образца по всей поверхности. Разница размеров не должна превышать 0,02мм.

2) На ось Z. По эталону контролируется размер от оси Z (ось эталона и захвата для лопатки) до торцевых опорных поверхностей посадочных мест правого и левого валка. Расчетные размеры для УВЛ-30 16,0мм, для УВЛ-100 40,0мм. По разнице между расчетным и фактическим размером определяется размер постоянной поправки - толщины прокладок, которые необходимо устанавливать на торцевые опорные поверхности посадочных мест правого и левого валка вместе с секторными вставками. Толщины прокладок должны быть зафиксированы и использоваться до следующей проверки.

Основные регулировки установок УВЛ-30 и УВЛ-100.

По механике:

- Перемещение захвата для лопатки в оси Y в замке штока гидроцилиндра. Регулировка для учета смещения пера по Y.
- Перемещение захвата вдоль оси Z на высоту начала вальцевания регулируется установкой сменных колец под упорный фланец штока гидроцилиндра вытяжки.
- Угол поворота штока гидроцилиндра вместе с лопаткой вокруг оси Z по направляющей планке – позволяет корректировать получение углового разворота профилей сечений по чертежу.
- Перемещение левого и правого валка в оси Y регулируется клиновыми механизмами. При этом клиновой механизм правого валка включен в автоматический цикл гидроцилиндром подачи. Регулировка обжатия при вальцевании.
- Вращение одного валка относительно другого. Позволяет регулировать взаимное положение передних поверхностей секторных вставок и совмещать их в одну плоскость.
- Регулировка углов поворота валков - ограничением хода штока гидроцилиндра привода.

По гидравлике:

- Крутящий момент и скорость вращения валков – клапанами и дросселями по манометрам.

- «Скорость» и усилие вытяжки – клапанами и дросселями по манометрам.

6.4.2 Основные технологические приемы настройки операций вальцевания на установках УВЛ-30 и УВЛ-100

Необходимо обратить внимание на то, что наладчик при настройке операций вальцевания профиля пера работает в пределах чертежных допусков на отклонения по профилю пера лопатки.

Например:

- Отклонение профиля спинки и корыта в сторону утонения не более 0,08мм на сторону и при этом допуск на толщину пера $S_{мах}$ и толщину кромок может быть 0,1мм или 0,12мм.
- Смещение профиля по оси Y до 0,1...0,2мм в зависимости от сечений.
- Смещение профиля по оси X до 0,1мм.

При настройке операции наладчик использует допуски для регулировки величины обжата на отдельных участках профиля пера и таким образом компенсирует неравномерность припуска по профилю пера, вызывающую увод пера в ту или другую сторону.

Регулировка скорости вытяжки лопатки.

При малой скорости вытяжки окружная скорость секторных вставок может превышать скорость вытяжки лопатки, при этом профиль пера деформируется в «гофр». При малой разнице скоростей «гофр» может проявляться в волнистости кромок пера.

Скорость вытяжки связана с окружной скоростью секторных вставок телом вальцуемой лопатки. Так как вытяжка осуществляется гидравлической системой, скорость синхронизируется самостоятельно, если обеспечить запас по расходу масла в гидросистеме, излишки подачи масла удаляются из полости гидроцилиндра вытяжки через перепускной клапан.

Регулировка усилий вытяжки лопатки.

При малом усилии вытяжки может наблюдаться повышенный увод пера в сторону входной или выходной кромки. Повышение усилия вытяжки помогает удерживать перо лопатки в вальцовочном «ручье» и компенсирует разницу напряжений по сечению профиля пера. Регулируется давлением в полости гидроцилиндра вытяжки.

Регулировка обжата по профилю пера смещением секторных вставок относительно друг друга вдоль оси X.

Рис. 6.8 иллюстрирует смещении секторной вставки «спинка» в направлении $+X$.

При этом:

- в корневых сечениях пера уменьшается величина обжатия в зоне $S_{мах}$ и выходной кромки.
- в средних сечениях пера незначительно увеличивается обжатие по профилю в зоне входной кромке и незначительно уменьшается обжатие по профилю в зоне выходной кромки.
- в периферийных сечениях пера увеличивается величина обжатия в зоне входной кромки.

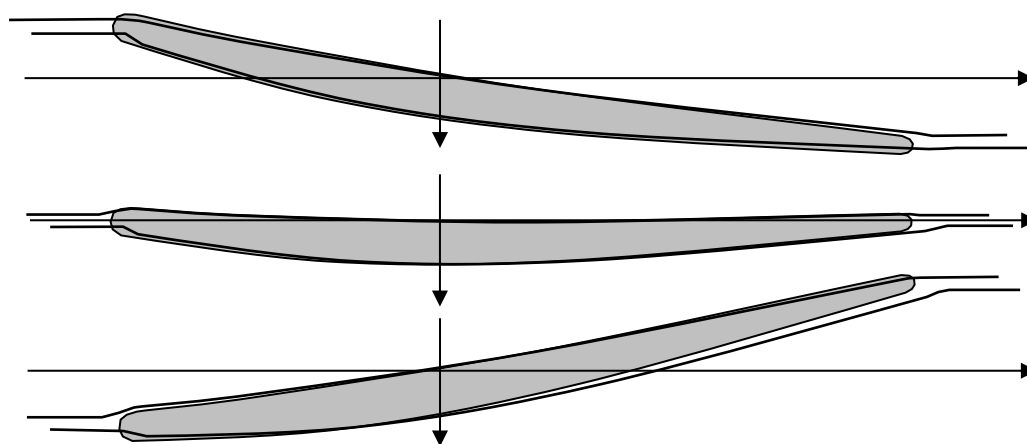


Рисунок 6.8 - Смещение секторной вставки «спинка» в

Рис.6.9 иллюстрирует смещении секторной вставки «спинка» в направлении $-X$. При этом наблюдается обратная картина:

- в корневых сечениях пера увеличивается величина обжатия в зоне $S_{мах}$ и выходной кромки.

- в средних сечениях пера незначительно увеличивается обжатие по профилю в зоне выходной кромки и незначительно уменьшается обжатие по профилю в зоне входной кромки. в

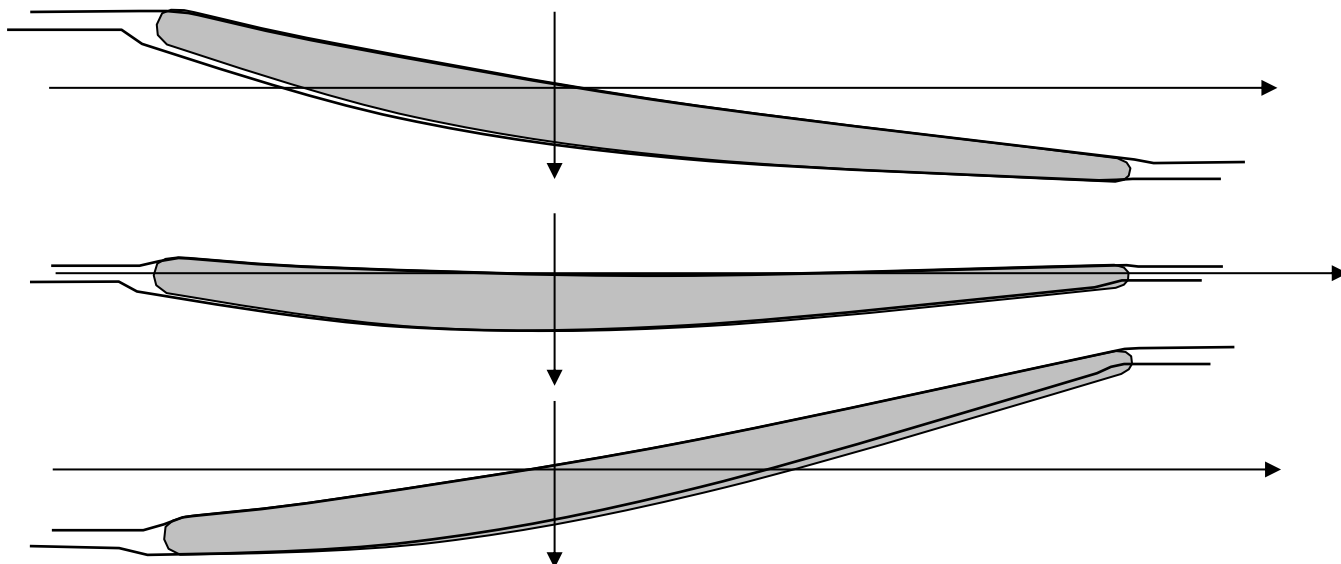


Рисунок 6.9 - Смещение секторной вставки «спинка» в направлении (-
V\

периферийных сечениях пера уменьшается величина обжатия в зоне входной кромки.

Доводка профиля секторных вставок

На практике наладчики часто используют прием доводки профиля секторных вставок «спинка» и «корыта» на партию лопаток по результатам контроля профиля пера. При соответствующем опыте наладчик определяет участки по профилю пера, где необходимо уменьшить величину обжатия и занижает профиль секторных вставок в соответствующих местах. Наладка установки принимается по факту получения у лопатки годного профиля пера.

6.5 Технологические рекомендации

По механическим операциям:

В ТП применяются чертежные допуски на отклонения по профилю пера, на смещение профиля в направлении оси Y и оси X. На промежуточных операциях выполняемых с припуском допуска могут быть расширены. Припуск по входной и выходной кромке пера больше чем по профилю пера.

В любом случае, при выполнении механических операций лучше, если:

- Смещение профиля пера в корневом сечении по оси Y минимальное.

- Смещение профиля пера по оси Y в периферийном сечении предпочтительней в сторону корыта на всех операциях до операции правки профиля пера.
- Смещение профиля пера по оси X оценивается по положению входной кромки и выходной кромок. В случае запаса по припуску на кромках – в первую очередь ориентироваться на профиль.
- По углу разворота сечений профиля пера от номинального положения: в корневом сечении - максимально ближе к номинальному положению, в периферийных сечениях пера – предпочтительнее недозакрутка на всех операциях до правки (при правке кромки легче растянуть, чем сжать).
- Разница в толщине пера в пределах градации 0,1мм при протягивании сказывается на распределении отклонений по смещению профиля в оси Y в пределах партии лопаток одной градации в зависимости от схемы базирования. Например, на 1...3 ступени точная штамповка - стабильно идет спинка, на экструдированных 6...12 ступени – корыто.

По операциям вальцевания

- Любая риска на входной и выходной кромке – концентратор напряжений, возможный источник развития трещин при вальцевании пера. При возникновении трещин необходимо проверить качество скругления и заполировки кромок.
- Смещение профиля пера по оси Y в периферийном сечении предпочтительней в сторону корыта.
- По углу разворота периферийных сечений профиля пера от номинального положения предпочтительнее недозакрутка на всех операциях до правки.
- В процессе эксплуатации, при переподгонках, радиус обката секторных вставок уменьшается. Необходимо обеспечить, чтобы в паре работали секторные вставки с одинаковым радиусом обката.
- При настройке вальцевания лопаток с развитой полкой (4...12 ступень) контролировать отсутствие деформации уголков полок и при необходимости занизить вставки в месте контакта.

6.6 Оценка вероятности появления брака на технологической операции вальцевания с помощью нормального закона распределения.

Нормальный закон распределения наиболее часто встречается на практике. Он описывает распределения диаметральных и длиновых размеров заготовок, обрабатываемых на настроенных станках, погрешностей этих размеров, погрешностей измерения, наработок на отказ технических систем и многих других случайных величин X .

Исходными данными для расчета возьмем статистику замера партии лопаток ($n=20$). Оценку вероятности будем производить по параметру S_{\max} по сечениям. Исходные данные представлены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Исходные данные для расчета.

Сечение	A1-A1	A3-A3	A4-A4	A5-A5	A6-A6	A7-A7	A8-A8	A9-A9
	l=17,100	l=32,100	l=47,100	l=62,100	l=77,1	l=92,100	l=107,100	l=117,100
	S_{\max}	S_{\max}	S_{\max}	S_{\max}	S_{\max}	S_{\max}	S_{\max}	S_{\max}
Контрольная выборка $n=20$	4,255	3,85	3,497	3,144	2,799	2,446	2,103	1,87
	4,256	3,85	3,498	3,148	2,8	2,456	2,106	1,872
	4,256	3,85	3,498	3,149	2,8	2,456	2,106	1,873
	4,256	3,86	3,498	3,149	2,811	2,467	2,106	1,877
	4,256	3,86	3,498	3,15	2,813	2,467	2,107	1,884
	4,256	3,86	3,499	3,154	2,814	2,47	2,109	1,884
	4,257	3,86	3,5	3,159	2,815	2,472	2,11	1,887
	4,257	3,86	3,502	3,159	2,817	2,476	2,116	1,888
	4,266	3,86	3,503	3,159	2,819	2,476	2,116	1,889
	4,266	3,87	3,503	3,16	2,821	2,476	2,117	1,894
	4,266	3,87	3,504	3,162	2,821	2,477	2,122	1,895
	4,266	3,87	3,507	3,163	2,821	2,486	2,123	1,897
	4,269	3,87	3,508	3,169	2,829	2,486	2,126	1,898
	4,276	3,87	3,508	3,169	2,831	2,486	2,126	1,903
	4,276	3,87	3,508	3,17	2,831	2,488	2,126	1,904
	4,276	3,88	3,508	3,17	2,832	2,494	2,126	1,905
	4,286	3,88	3,511	3,17	2,835	2,496	2,126	1,907
	4,286	3,88	3,518	3,18	2,836	2,496	2,127	1,912
	4,286	3,88	3,518	3,181	2,836	2,496	2,128	1,915
Ном. размер S_{\max}	4,256	3,848	3,497	3,148	2,799	2,446	2,103	1,87
Мах размер	4,406	3,998	3,647	3,298	2,949	2,596	2,253	2,02

Оценка вероятности появления брака в сечение А1-А1.

Исходные данные: $S_{\max}=4,256^{+0,15}_{-0,15}$ мм.

Объем контрольной выборки $n = 20$ шт.

Информация о погрешностях обработки (с разбивкой по интервалам и установлением n_j – частоты попадания значения погрешности в j -ый интервал) представлена в таблице 6.2

Таблица 6.2 – Анализ выборки.

№	Границы интервала, мкм	Частота n_j	Середина интервала $x_j, \text{ мкм}$	$x_j \cdot n_j$	$(x_j - \bar{x})$	$(x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	-5...0	1	-2,5	-2,5	-13,6	184,96
2	0...5	7	2,5	17,5	-8,6	517,72
3	5...10	4	7,5	30	-3,6	51,84
4	10...15	1	12,5	12,5	1,4	1,96
5	15...20	3	17,5	52,5	6,4	122,88
6	20...25	0	22,5	0	11,4	0
7	25...31	4	28	112	16,9	1142,44
		20		222		2021,8

Рассчитываем среднюю погрешность:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{\sum \bar{x}_j \cdot \bar{n}_j}{n} \quad (6.1)$$

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{222}{20} = 11,1 \text{ мкм}$$

Рассчитываем значение σ :

$$\sigma \approx s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x}_j - \bar{x})^2 \cdot n_j}{n}} \quad (6.2)$$

$$\sigma \approx s = \sqrt{\frac{2021,8}{20}} = 10,054 \text{ мкм}$$

Рассчитываем ожидаемые значения предельных погрешностей:

$$x_{\text{нб}} = \bar{x} + 3\sigma = 11,1 + 3 \cdot 10,054 = 41,263 \text{ мкм}$$

$$x_{\text{нм}} = \bar{x} - 3\sigma = 11,1 - 3 \cdot 10,054 = -19,063 \text{ мкм}$$

Стандартное поле рассеяния:

$$\omega = 6\sigma = x_{\text{нб}} - x_{\text{нм}} = 41,263 - (-19,063) = 60,326 \text{ мкм}$$

Расчетную схему см. плакат ГКИЮ.744006-017

Рассчитываем по формулам значения границ интегрирования

$$t_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} \quad (6.3);$$

$$t_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{-19,063 - 11,1}{10,054} = -3$$

$$t_2 = \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} \quad (6.4)$$

$$t_2 = \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0 - 11,1}{10,054} = -1,104$$

Рассчитываем вероятность появления брака, используя формулу

$$P(x_1 < x < x_2) = \frac{1}{G\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2G^2}} dx = P(t_1 < t < t_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) \quad (6.5)$$

$$P_6 = P(x_1 < x < x_2) = P(-19,063 < x < 0) = P(t_1 < t < t_2) = P(-3 < t < -1,104) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(-1,104) - \Phi(-3) = -0,3686 + 0,49865 = 0,13 \Rightarrow 13\%$$

Оценка вероятности появления брака в сечение АЗ-АЗ.

Исходные данные: $S_{\text{мах}} = 3,848^{+0,15} \text{ мм}$.

Информация о погрешностях обработки представлена в таблице 6.3

Таблица 6.3 – Анализ выборки.

№	Границы интервала, мкм	Частота n_j	Середина интервала $X_j, \text{ мкм}$	$x_j \cdot n_j$	$(x_j - \bar{x})$	$(x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	-5...0	0	-2,5	0	-21,5	0
2	0...5	3	2,5	7,5	-16,5	816,75
3	5...10	0	7,5	0	-11,5	0
4	10...15	6	12,5	75	-6,5	253,5
5	15...20	0	17,5	0	-1,5	0
6	20...25	6	22,5	135	3,5	73,5
7	25...30	0	27,5	0	8,5	0
8	30...35	5	32,5	162,5	13,5	911,25
		20		380		2055

Рассчитываем среднюю погрешность:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{380}{20} = 19 \text{ мкм}$$

Рассчитываем значение σ :

$$\sigma \approx s = \sqrt{\frac{2055}{20}} = 10.1365 \text{ мкм}$$

Рассчитываем ожидаемые значения предельных погрешностей:

$$\begin{aligned} x_{\text{нб}} &= \bar{x} + 3\sigma = 19 + 3 \cdot 10.1365 = 49.4097 \text{ мкм} \\ x_{\text{нм}} &= \bar{x} - 3\sigma = 19 - 3 \cdot 10.1365 = -11.4097 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Стандартное поле рассеяния:

$$\omega = 6\sigma = x_{\text{нб}} - x_{\text{нм}} = 49.4097 - (-11.4097) = 60.8194 \text{ мкм}$$

Рассчитываем по формулам значения границ интегрирования

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{-11.4097 - 19}{10.1365} = -3 \\ t_2 &= \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0 - 19}{10.1365} = -1.8744 \end{aligned}$$

Рассчитываем вероятность появления брака, используя формулу

$$\begin{aligned} P_6 &= P(x_1 < x < x_2) = P(-11.4097 < x < 0) = P(t_1 < t < t_2) = P(-3 < t < -1.8744) = \\ &= \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(-1.8744) - \Phi(-3) = -0.4693 + 0.49865 = 0.029 \Rightarrow 2.9\% \end{aligned}$$

Оценка вероятности появления брака в сечение А4-А4.

Исходные данные: $S_{\text{мах}} = 3.497^{+0.15}_{-0.15} \text{ мм}$.

Информация о погрешностях обработки представлена в таблице 6.4

Таблица 6.4 – Анализ выборки.

№	Границы интервала, мкм	Частота n_j	Середина интервала $X_{j, \text{ мкм}}$	$x_j \cdot n_j$	$(x_j - \bar{x})$	$(x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	-5...0	0	-2,5	0	-11,5	0
2	0...5	8	2,5	20	-6,5	338
3	5...10	4	7,5	30	-1,5	9
4	10...15	5	12,5	62,5	3,5	61,25
5	15...20	0	17,5	0	8,5	0
6	20...25	3	22,5	67,5	13,5	546,75
7	25...30	0	27,5	0	18,5	0
8	30...35	0	32,5	0	23,5	0
		20		180		955

Рассчитываем среднюю погрешность:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{180}{20} = 9 \text{ мкм}$$

Рассчитываем значение σ :

$$\sigma \approx s = \sqrt{\frac{955}{20}} = 6,91 \text{ мкм}$$

Рассчитываем ожидаемые значения предельных погрешностей:

$$\begin{aligned} x_{\text{нб}} &= \bar{x} + 3\sigma = 9 + 3 \cdot 6,91 = 29,7304 \text{ мкм} \\ x_{\text{нм}} &= \bar{x} - 3\sigma = 9 - 3 \cdot 6,91 = -11,7304 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Стандартное поле рассеяния:

$$\omega = 6\sigma = x_{\text{нб}} - x_{\text{нм}} = 29,7304 - (-11,7304) = 41,4608 \text{ мкм}$$

Расчетную схему см. плакат ГКИЮ.744006-017

Рассчитываем по формулам значения границ интегрирования

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{-11,7304 - 9}{6,91} = -3 \\ t_2 &= \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0 - 9}{6,91} = -1,3024 \end{aligned}$$

Рассчитываем вероятность появления брака, используя формулу

$$P_6 = P(x_1 < x < x_2) = P(-11,7304 < x < 0) = P(t_1 < t < t_2) = P(-3 < t < -1,3024) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(-1,3024) - \Phi(-3) = -0,3997 + 0,49865 = 0,098 \Rightarrow 9,8\%$$

Оценка вероятности появления брака в сечение А5-А5.

Исходные данные: $S_{\max} = 3,148^{+0,15}_{-0,15}$ мм.

Информация о погрешностях обработки представлена в таблице 6.5

Таблица 6.5 – Анализ выборки.

№	Границы интервала, мкм	Частота n_j	Середина интервала x_j , мкм	$x_j \cdot n_j$	$(x_j - \bar{x})$	$(x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	-5...0	1	-2,5	-2,5	-17,75	315,0625
2	0...5	4	2,5	10	-12,75	650,25
3	5...10	1	7,5	7,5	-7,75	60,0625
4	10...15	6	12,5	75	-2,75	45,375
5	15...20	0	17,5	0	2,25	0
6	20...25	5	22,5	112,5	7,25	262,8125
7	25...30	0	27,5	0	12,25	0
8	30...35	2	32,5	65	32,5	2112,5
9	35...40	1	37,5	37,5	22,25	495,0625
		20		305		3941,125

Рассчитываем среднюю погрешность:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{305}{20} = 15,25 \text{ мкм}$$

Рассчитываем значение σ :

$$\sigma \approx s = \sqrt{\frac{3941,125}{20}} = 14,0377 \text{ мкм}$$

Рассчитываем ожидаемые значения предельных погрешностей:

$$\begin{aligned} x_{\text{нб}} &= \bar{x} + 3\sigma = 15,25 + 3 \cdot 14,0377 = 57,3630 \text{ мкм} \\ x_{\text{нм}} &= \bar{x} - 3\sigma = 15,25 - 3 \cdot 14,0377 = -26,8630 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Стандартное поле рассеяния:

$$\omega = 6\sigma = x_{\text{нб}} - x_{\text{нм}} = 57,3630 - (-26,8630) = 84,2260 \text{ мкм}$$

Расчетную схему см. плакат ГКИЮ.744006-017

Рассчитываем по формулам значения границ интегрирования

$$t_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{-26,8630 - 15,25}{14,0377} = -3$$

$$t_2 = \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0 - 15,25}{14,0377} = -1,086$$

Рассчитываем вероятность появления брака, используя формулу

$$P_6 = P(x_1 < x < x_2) = P(-26,8630 < x < 0) = P(t_1 < t < t_2) = P(-3 < t < -1,086) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(-1,086) - \Phi(-3) = -0,3599 + 0,49865 = 0,1387 \Rightarrow 13,87\%$$

Оценка вероятности появления брака в сечение А6-А6.

Исходные данные: $S_{\text{мах}} = 2,799^{+0,15}_{-0,15}$ мм.

Информация о погрешностях обработки представлена в таблице 6.6

Таблица 6.6 – Анализ выборки.

№	Границы интервала, мкм	Частота n_j	Середина интервала X_j , мкм	$x_j \cdot n_j$	$(x_j - \bar{x})$	$(x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	-5...0	0	-2,5	0	-24,5	0
2	0...5	3	2,5	7,5	-19,5	1140,75
3	5...10	0	7,5	0	-14,5	0
4	10...15	3	12,5	37,5	-9,5	270,75
5	15...20	3	17,5	52,5	-4,5	60,75
6	20...25	3	22,5	67,5	0,5	0,75
7	25...30	1	27,5	27,5	5,5	30,25
8	30...35	3	32,5	97,5	32,5	3168,75
9	35...40	4	37,5	150	15,5	961
		20		440		5633

Рассчитываем среднюю погрешность:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{440}{20} = 22 \text{ мкм}$$

Рассчитываем значение σ :

$$\sigma \approx s = \sqrt{\frac{5633}{20}} = 16,7824 \text{ мкм}$$

Рассчитываем ожидаемые значения предельных погрешностей:

$$\begin{aligned} x_{\text{нб}} &= \bar{x} + 3\sigma = 22 + 3 \cdot 16,7824 = 72,3473 \text{ мкм} \\ x_{\text{нм}} &= \bar{x} - 3\sigma = 22 - 3 \cdot 16,7824 = -28,3473 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Стандартное поле рассеяния:

$$\omega = 6\sigma = x_{\text{нб}} - x_{\text{нм}} = 72,3473 - (-28,3473) = 100,6946 \text{ мкм}$$

Рассчитываем по формулам значения границ интегрирования

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{-28,3473 - 22}{16,7824} = -3 \\ t_2 &= \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0 - 22}{16,7824} = -1,3109 \end{aligned}$$

Рассчитываем вероятность появления брака, используя формулу

$$P_6 = P(x_1 < x < x_2) = P(-28,3473 < x < 0) = P(t_1 < t < t_2) = P(-3 < t < -1,3109) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(-1,3109) - \Phi(-3) = -0,4032 + 0,49865 = 0,095 \Rightarrow 9,54\%$$

Оценка вероятности появления брака в сечение А7-А7.

Исходные данные: $S_{\text{мах}} = 2,446^{+0,15} \text{ мм}$.

Информация о погрешностях обработки представлена в таблице 3.7

Таблица 3.7 – Анализ выборки.

№	Границы интервала, мкм	Частота n_j	Середина интервала X_j , мкм	$x_j \cdot n_j$	$(x_j - \bar{x})$	$(x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	-5...0	0	-2,5	0	-19,5	0
2	0...5	1	2,5	2,5	-14,5	210,25
3	5...10	2	7,5	15	-9,5	180,5
4	10...15	0	12,5	0	-4,5	0
5	15...20	0	17,5	0	0,5	0
6	20...25	3	22,5	67,5	5,5	90,75
7	25...30	4	27,5	110	10,5	441
8	30...35	1	32,5	32,5	32,5	1056,25
9	35...40	3	37,5	112,5	20,5	1260,75
10	40...45	1	42,5	42,5	42,5	1806,25

11	45...50	4	47,5	190	34,77306	4836,66283
12	50...55	1	52,5	52,5	52,5	2756,25
		20		340		3239,5

Рассчитываем среднюю погрешность:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{340}{20} = 17 \text{ мкм}$$

Рассчитываем значение σ :

$$\sigma \approx s = \sqrt{\frac{3239,5}{20}} = 12,7269 \text{ мкм}$$

Рассчитываем ожидаемые значения предельных погрешностей:

$$\begin{aligned} x_{\text{нб}} &= \bar{x} + 3\sigma = 17 + 3 \cdot 12,7269 = 55,1808 \text{ мкм} \\ x_{\text{нм}} &= \bar{x} - 3\sigma = 17 - 3 \cdot 12,7269 = -21,1808 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Стандартное поле рассеяния:

$$\omega = 6\sigma = x_{\text{нб}} - x_{\text{нм}} = 76,3616 \text{ мкм}$$

Рассчитываем по формулам значения границ интегрирования

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{-21,1808 - 17}{12,7269} = -3 \\ t_2 &= \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0 - 17}{12,7269} = -1,3357 \end{aligned}$$

Рассчитываем вероятность появления брака, используя формулу

$$\begin{aligned} P_6 &= P(x_1 < x < x_2) = P(-21,1808 < x < 0) = P(t_1 < t < t_2) = P(-3 < t < -1,3357) = \\ &= \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(-1,3357) - \Phi(-3) = -0,4066 + 0,49865 = 0,092 \Rightarrow 9,2\% \end{aligned}$$

Оценка вероятности появления брака в сечение А8-А8.

Исходные данные: $S_{\text{мах}} = 2,103^{+0,15} \text{ мм}$.

Информация о погрешностях обработки представлена в таблице 6.8

Таблица 6.8 – Анализ выборки.

№	Границы интервала, мкм	Частота n_j	Середина интервала $x_{j, \text{мкм}}$	$x_j \cdot n_j$	$(x_j - \bar{x})$	$(x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	-5...0	0	-2,5	0	-16,75	0
2	0...5	5	2,5	12,5	-11,75	690,3125
3	5...10	2	7,5	15	-6,75	91,125
4	10...15	3	12,5	37,5	-1,75	9,1875
5	15...20	2	17,5	35	3,25	21,125
6	20...25	7	22,5	157,5	8,25	476,4375
7	25...30	1	27,5	27,5	13,25	175,5625
		20		285		1463,75

Рассчитываем среднюю погрешность:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{285}{20} = 14,25 \text{ мкм}$$

Рассчитываем значение σ :

$$\sigma \approx s = \sqrt{\frac{1463,75}{20}} = 8,5549 \text{ мкм}$$

Рассчитываем ожидаемые значения предельных погрешностей:

$$\begin{aligned} x_{\text{нб}} &= \bar{x} + 3\sigma = 14,25 + 3 \cdot 8,5549 = 39,9149 \text{ мкм} \\ x_{\text{нм}} &= \bar{x} - 3\sigma = 14,25 - 3 \cdot 8,5549 = -11,4149 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Стандартное поле рассеяния:

$$\omega = 6\sigma = x_{\text{нб}} - x_{\text{нм}} = 51,3298 \text{ мкм}$$

Расчетную схему см. плакат ГКИЮ.744006-017

Рассчитываем по формулам значения границ интегрирования

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{-11,4149 - 14,25}{8,5549} = -3 \\ t_2 &= \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0 - 14,25}{8,5549} = -1,6657 \end{aligned}$$

Рассчитываем вероятность появления брака, используя формулу

$$P_6 = P(x_1 < x < x_2) = P(-11,4149 < x < 0) = P(t_1 < t < t_2) = P(-3 < t < -1,6657) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(-1,6657) - \Phi(-3) = -0,4525 + 0,49865 = 0,046 \Rightarrow 4,6\%$$

Оценка вероятности появления брака в сечение А9-А9.

Исходные данные: $S_{\max} = 1,87^{+0,15}_{-0,15}$ мм.

Информация о погрешностях обработки представлена в таблице 6.9

Таблица 6.9 – Анализ выборки.

№	Границы интервала, мкм	Частота n_j	Середина интервала $X_j, \text{ мкм}$	$x_j \cdot n_j$	$(x_j - \bar{x})$	$(x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	-5...0	0	-2,5	0	-18,875	0
2	0...5	3	2,5	7,5	-13,875	577,546875
3	5...10	1	7,5	7,5	-8,875	78,765625
4	10...15	2	12,5	25	-3,875	30,03125
5	15...20	3	17,5	52,5	1,125	3,796875
6	20...25	2	22,5	45	6,125	75,03125
7	25...30	2	27,5	55	11,125	247,53125
8	30...35	3	32,5	97,5	32,5	3168,75
9	35...40	1	37,5	37,5	21,125	446,265625
10	40...45	2	42,5	85	42,5	3612,5
11	45...50	1	47,5	47,5	32,28862	1042,55529
		20		327,5		4627,71875

Рассчитываем среднюю погрешность:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{327,5}{20} = 16,375 \text{ мкм}$$

Рассчитываем значение σ :

$$\sigma \approx s = \sqrt{\frac{4627,71875}{20}} = 15,21 \text{ мкм}$$

Рассчитываем ожидаемые значения предельных погрешностей:

$$x_{\text{НО}} = \bar{x} + 3\sigma = 16,375 + 3 \cdot 15,21 = 62,01 \text{ мкм}$$

$$x_{\text{НМ}} = \bar{x} - 3\sigma = 16,375 - 3 \cdot 15,21 = -29,26 \text{ мкм}$$

Стандартное поле рассеяния:

$$\omega = 6\sigma = x_{\text{нб}} - x_{\text{нм}} = 91,27 \text{ мкм}$$

Рассчитываем по формулам значения границ интегрирования

$$t_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{-29.26 - 16.375}{15.21} = -3$$

$$t_2 = \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0 - 16.375}{15.21} = -1.0765$$

Рассчитываем вероятность появления брака, используя формулу

$$P_6 = P(x_1 < x < x_2) = P(-29,26 < x < 0) = P(t_1 < t < t_2) = P(-3 < t < -1,0765) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(-1.0765) - \Phi(-3) = -0.3599 + 0.49865 = 0.13875 \Rightarrow 13.875\%$$

В результате обобщения получаем, что вероятность появления брака при вальцевании составляет 13,875%. При годовой программе выпуска $N=35000$ шт. число бракованных деталей составит 4856 шт.

Так как $\omega = 91.27 < Td = 150$, брак обработки можно устранить увеличением расхода вальцов относительно друг друга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над дипломным проектом был спроектирован механический цех рабочих лопаток КНД ГТД. Составлена подробная технология обработки лопатки двигателя Д-36, произведен расчет режимов резания и нормирования работ.

Спроектировано станочное и контрольное приспособления.

В экономической части дипломного проекта произведен расчет ожидаемого экономического эффекта, при внедрении в производство сконструированных приспособлений.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- 1.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1. / Под ред. А.Т.Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1985. – 656с.
- 2.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2./ Под ред. А.Т.Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1985. – 696с.
- 3.Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технологического нормирования на протяжных станках. – М. Машиностроение 1987г.197с.
- 4.Справочник нормировщика машиностроителя / Под ред. Е.И.Стружестраха Т.2 – М.1961. – 889с.
- 5.Приспособления для металлорежущих станков / Под ред. М.А. Ансеров – 3-е изд. – М.:Машиностроение, 1966. – 649с.
- 6.Методические указания по технико экономическому обоснованию металлообрабатывающего участка механического цеха. Запорожье. 2001г. 28 с.
- 7.Основы проектирования машиностроительных заводов. / М.Е. Егоров – 6-е изд. – М. Высшая школа, 1969.
- 8.Авиационные газотурбинные двигатели. Скубачевский Т. С. – М.:Машиностроение, 1981. – 550с.
- 9.Технология производства двигателей летательных аппаратов. Евстегнеев М.И. Подзей А.В. – М.:Машиностроение, 1982. – 260с.
- 10.Охрана труда в машиностроении. Под ред. Е.Я. Юдина и С.В. Белова – М.:Машиностроение, 1983. – 432с.
11. Допуски и посадки: Справочник в 2-х т. Т.1./ Под ред. В.Д. Мягков, М.А. Палей. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1982. – 543с.
12. Допуски и посадки: Справочник в 2-х т. Т.2./ Под ред. В.Д. Мягков, М.А. Палей. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1982. – 448с.
13. Основы проектирования машиностроительных заводов. Мамаев В.С., Осипов Е.Г. – М.:Машиностроение, 1974. – 292с.