

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 08.10.2023 17:11:54

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a495171e601839

1

1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 16 » 04

2019г



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
СБОРКИ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО  
РЕДУКТОРА**

Методические указания к выполнению лабораторной работы №2  
по дисциплине «Технология машиностроения»  
для студентов направления подготовки 15.03.05 и 15.03.01 очной и  
заочной форм обучения

Курск 2019

УДК 621.9.06

Составители: В.В. Пономарев, С.А. Чевычелов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент О.С. Зубкова

**Проектирование технологического процесса сборки двухступенчатого цилиндрического редуктора.:** Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технология машиностроения» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Пономарев, С.А. Чевычелов, Курск, 2019. 17 с.: ил. 3, табл.2. Библиогр.: с. 17.

Излагаются методические указания по определению последовательности сборки редуктора и разработки схемы сборки.

Методические указания соответствуют требованиям образовательной программы, утвержденной учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Машиностроение».

Предназначены для студентов направления подготовки 15.03.05 и 15.03.01 очной и заочной форм обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 16.04.19. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 0,99. Уч.-изд. л. 0,89. Тираж 100 экз. Заказ 368 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: изучить организационные формы сборки, методы достижения точности замыкающего звена, основы технологического нормирования. Научиться заполнять операционную карту сборки, разработать циклограмму сборки.

## 1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВИДЫ И ФОРМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

Виды и формы организации производственного процесса сборки изделия можно представить в виде схемы, показанной на рисунке 1.

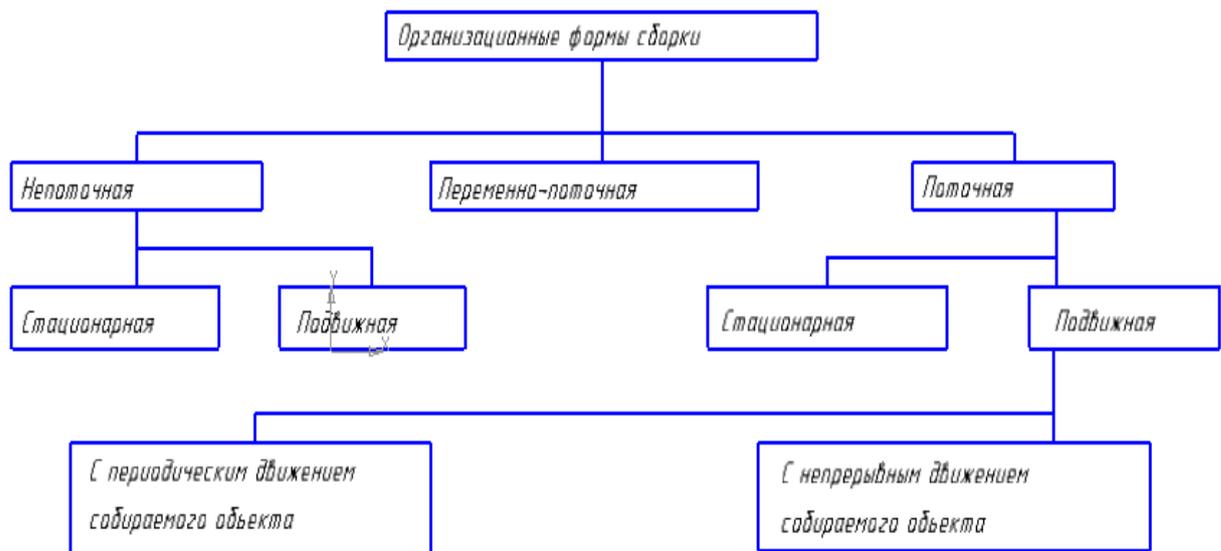


Рис1. Виды и формы организации производственного процесса сборки

Непоточная стационарная обработка характеризуется тем, что собираемый объект от начала до конца сборки остается на одном рабочем месте. Сборку ведут рабочий или бригада рабочих. Рабочее место оснащают универсальными приспособлениями и оборудование (станки, пресса и т.д.). Различия в уровне квалификации и интенсивности труда рабочих бригад, приводят к удлинению цикла сборки и неравномерному выпуску изделий в единицу времени. Технико-экономические показатели такой формы организации процесса

сборки изделия невысоки. Областью использования является единичное и мелкосерийное производство.

При увеличении объёма выпуска одинаковых изделий переходят к непоточной подвижной сборке. Ее особенностью является то, что в процессе сборки объект периодически перемещается от одного рабочего места на другое. Сборочные операции выполняют отдельные рабочие или бригада рабочих, специализирующиеся на определенных работах. Все рабочие места связаны с помощью транспортных устройств (рельсовые тележки и др.). Окончив выполнение всех переходов, составляющих операцию, рабочие перемещают собираемый объект к следующему рабочему месту. Для компенсации колебаний затрат времени на выполнение сборочных операций между смежными рабочими местами создаются межоперационные заделы собираемых изделий. Это позволяет сборщику, закончившему операцию раньше сборщика, работающего на предшествующей операции, продолжить работу за счет задела. Более высокое техническое оснащение рабочих мест, а так же их связь с помощью транспортных средств существенно способствуют повышению производительности труда в сравнении с непоточной стационарной сборкой. Непоточную подвижную сборку применяют в серийном производстве.

Дальнейшее увеличение числа одинаковых изделий, подлежащих сборке, делают экономичным использование поточной сборки. Одной из форм поточной сборки является стационарная сборка, при которой все собираемые объекты на протяжении всей сборки остаются на рабочих местах или стендах. Рабочие же или бригады по сигналу одновременно переходят от одних собираемых объектов к другим через промежутки времени, равные такту.

Такт выпуска изделий  $\tau$  представляет собой промежуток времени, через который периодически осуществляется выпуск машин или их сборочных единиц

$$\tau = \frac{60 F_{д.п.} * m}{M} \quad (1)$$

где  $F_{д.н.}$  – действительное годовое количество рабочих часов для поточной (конвейерной) сборки;

$m$  – количество рабочих смен в стуки;

$M$  – годовой выпуск изделий.

Каждый рабочий (бригада) выполняет закрепленную за ним (нею) одну и ту же операцию на каждом из собираемых объектов. Узкая специализация рабочих способствует повышению качества и производительности труда. Областью использования поточной стационарной сборки является серийное производство машин, отличающихся большими габаритами и массой. Например, сборка тяжелых автомобилей, крутые дизели, тяжелые станки и т.п. изготавливаемые серийно за короткий цикл сборки.

Под циклом сборки понимают отрезок календарного времени, определяющий длительность периодически повторяющейся сборочной операции (или сборки изделий) от начала до ее конца.

Поточную подвижную сборку с непрерывно или периодически перемещающимися собираемыми объектами экономически выгодно использовать при выпуске одинаковых изделий в значительных количествах, например, автомобилей и др. машин исчисляемых сотнями тысяч. Для перемещения собираемых объектов используют ленточные, цепные, рамные и др. конвейеры. В массовом производстве широко используют подвесные цепные конвейеры, освобождающие площадь поля и улучшающие работу сборщиков. Например, на конвейерах такого вида собирают автомобили на ВАЗе. Длина конвейера около 2 км. Такт выпуска составляет 1 минуту

Для поточных форм организации производственного процесса число рабочих мест или позиций, которые должны пройти собираемый объект, равно:

$$G_1 = \frac{T_o - T_c}{(\tau - t_B^1) y_1} \quad (2)$$

где  $T_o$  – расчетная трудоемкость всех переходов сборки одного объекта;

$T_c$  – расчетная трудоемкость переходов, совмещенных с выполнением других переходов;

$t_B^1$  - время транспортирования собираемого объекта от одного рабочего места к другому (при периодическом перемещении объекта) или времени возвращения рабочего (их) в исходное положение (при непрерывном движении объекта);

$y_1$  – число параллельных потоков.

$$Y = [T_{\text{прод}} + t_B^1] / \tau \quad (3)$$

где  $T_{\text{прод}}$  - продолжительность наиболее длительной операции.

Расчетное количество рабочих (или бригад)  $g_3$  необходимых для одного потока

$$g_3 = [T_o - T_c] / (\tau - t_a^H) y_3 \quad (4)$$

где  $t^H$  – расчетное время для перехода рабочих (или бригад) от одних собираемых объектов к другим;

$y_3$  – число параллельных потоков.

Скорость движения конвейера при непрерывном движении его равна:

$$V = \frac{l}{\tau} \quad (5)$$

где  $l$  - расстояние между осями двух рабочих мест.

## 2. ВЫБОР МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ДОСТИЖЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ МАШИНЫ

Для успешного выполнения данной лабораторной работы необходимо изучить конструкторские размерные цепи, если они имеются на рабочих чертежах машины, или выявить их, если они отсутствуют.

Поиск размерной цепи(ей) начинается с исходного(ых) звена(ьев), связывающих две исполнительные поверхности причем начинают с любой из них. В первую очередь выявляют, от какой конструкторской базы детали, несущей данную исполнительную поверхность, зависит ее требуемое положение в пространстве. Далее соединяют последовательно основные и вспомогательные базы сопрягающихся деталей или сборочных единиц до тех пор, пока размерная цепь не замкнется на второй исполнительной поверхности. Замкнутость размерной цепи является обязательным условием размерного анализа (рис. 2)

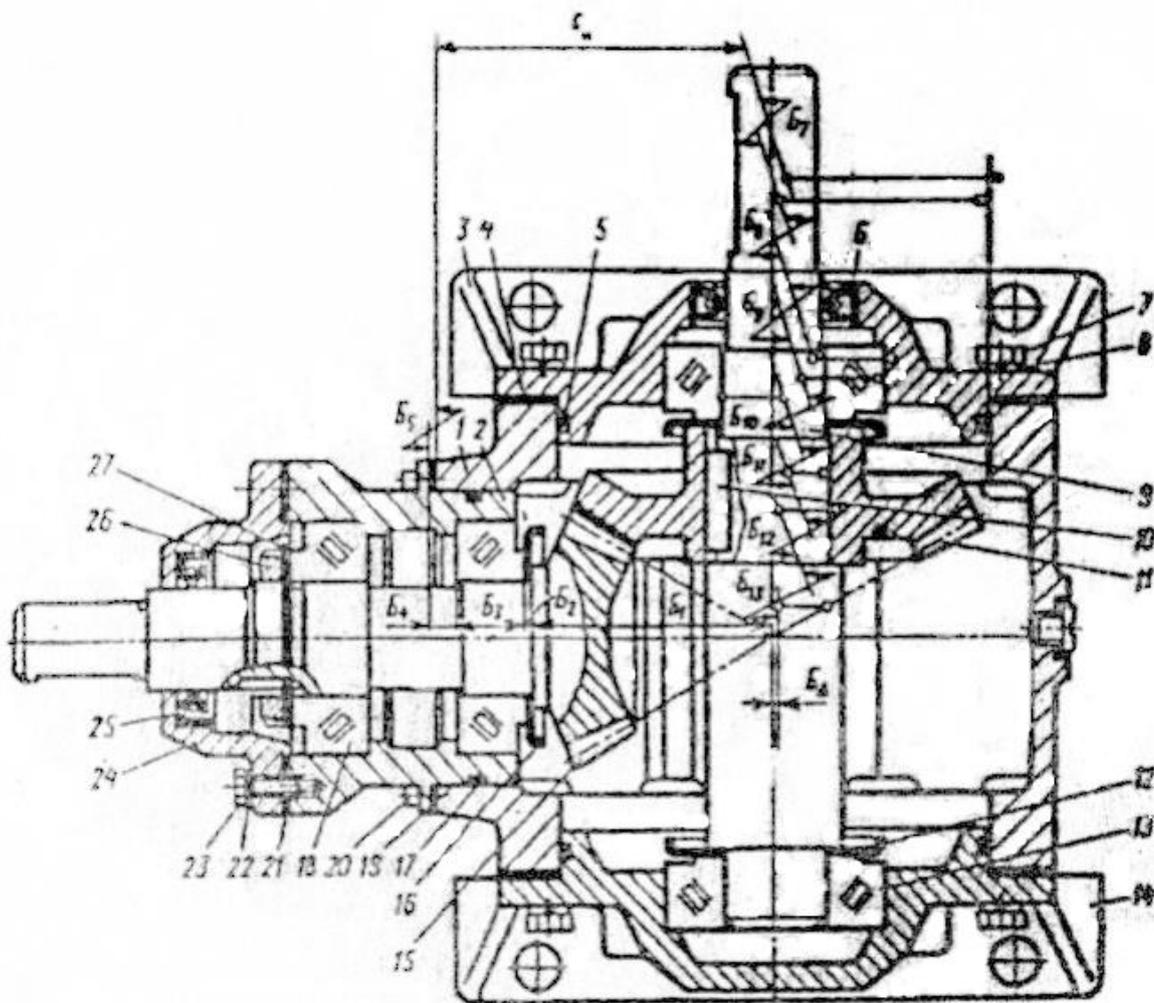


Рис.2. Размерная цепь конического редуктора

Все выявленные при построении размерной цепи расстояния или относительные повороты между поверхностями деталей в зависимости от того, что является исходным звеном цепи называются составляющими звеньями. Но составляющие звенья должны быть установлены допуски, исходя из допуска на исходное звено. Математическое соотношение, отражающее количественную сторону связи этих объектов, т.е. уравнение связи могут быть представлены в общем виде так:

$$Y=f(X_1, X_2... X_n); \quad (6)$$

Где  $Y$  – параметр, отражающий служебное назначение машины или вида связи ее с исполнительными поверхностями (ИП) – (допуск исходного звена);

$X_1, X_2... X_n$  – факторы, влияющие на изменение параметра  $Y$  – (допуски на составляющие звенья)

На данном этапе проектирования технологического процесса решается прямая задача, особенностью которой является многовариантность ее решения (рис. 3а). Алгоритм решения обратной задачи представлен на рис. 3б.

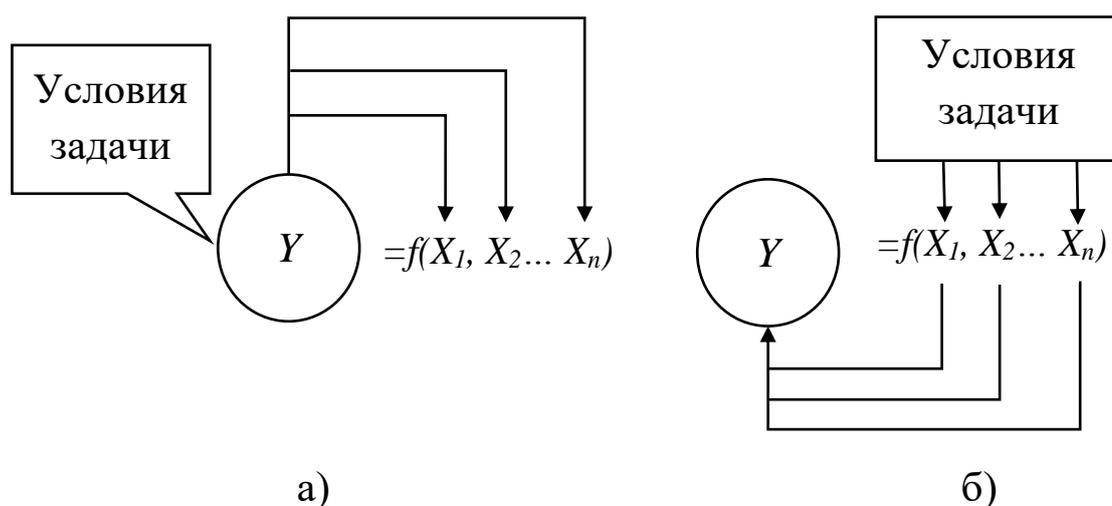


Рис. 3 Схема решения прямой (а) и обратной (б) задач

Значительное сокращение числа решений можно достичь, учитывая опыт решений подобных заданий, а также экономическую сторону вопроса. Известны пять методов решения подобной задачи: полный, неполный, групповой взаимозаменяемости, пригонки или регулирования. Выявленные схемы размерных цепей позволят определить метод достижения требуемой точности исходного звена. Однако предварительно необходимо установить метод расчета размерных цепей.

Если число составляющих звеньев размерной цепи  $n \leq 4$ , то расчет цепи следует выполнять по методу максимума-минимума. Если число составляющих звеньев  $\geq 5$ , то используется вероятностный метод.

Для предварительного выбора метода достижения точности рекомендуется следующий способ. По номинальным размерам составляющих звеньев размерной цепи определяется их среднее значение

$$A_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i)}{n} \quad (7)$$

где  $A$  - номинальный размер  $i$ -го составляющего звена;

$n$  - число составляющих звеньев размерной цепи.

Затем по установленному допуску исходного звена и числу составляющих звеньев цепи определяется среднее значение допуска на составляющие звенья в зависимости от принятого метода расчета по следующим формулам:

при расчете на максимум-минимум

$$TA_{\text{ср}} = TA_a/n \quad (8)$$

при расчете вероятностным методом

$$TA_{\text{ср}} = \frac{TA_{\Delta}}{K_1} \sqrt{n} = \frac{TA_{\Delta}}{1,2} \sqrt{n} \quad (9)$$

По полученным значениям  $A_{cp}$  и  $TA_{cp}$  определяется ближайший квалитет точности.

Если расчет размерной цепи выполняется по методу максимума-минимума и величина  $TA_{cp}$  соответствует 9 квалитету и грубее, то следует использовать метод полной взаимозаменяемости. При малом числе звеньев метод полной взаимозаменяемости иногда можно использовать и при  $TA_a$ , соответствующем 6...8 квалитету точности, так как снижение трудоемкости сборки окупит превышение требований к точности изготовления нескольких деталей (при экономическом обосновании). При  $TA_{cp}$  соответствующему 8 квалитету и точнее рекомендуется использовать пригонки или регулирование. Для некоторых изделий, выпускаемых в больших количествах, вместо пригонки рационально применить метод групповой взаимозаменяемости.

Если расчет выполняется по вероятностному методу и величина  $TA_{cp}$  соответствует 10-му квалитету и грубее, то следует использовать метод неполной взаимозаменяемости. В противном случае, когда  $TA_{cp}$  соответствует 9-му квалитету и точнее, следует применять методы регулирования и пригонки, т. е. методы, компенсирующие погрешность замыкающего звена.

Если требуемую точность намечено получить методом регулирования, в конструкцию машины должны быть включены неподвижные или подвижные компенсаторы.

### 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ СБОРКИ, ФОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Норма времени, определяемая расчетом, ориентированная на передовую технологию, исправное оборудование, нормальные условия труда надлежащей квалификации. Штучное время  $t_{шт}$  на выполнение одной операции сборки узла (изделия) равно

$$t_{ум} = t_{от} + t_a + t_{об} + t_{ср} \quad (10)$$

где  $t_{от}$  - основное технологическое время;

$t_a$  - вспомогательное время;

$t_{об}$  - время обслуживания рабочего места;

$t_{ср}$  - время на личные потребности.

Сумма основного и вспомогательного времени называют оперативным

$$t_{он} = t_{от} + t_a \quad (11)$$

Вспомогательное время  $t_a$  представляет собой время, необходимое сборщику для совершения движений или действий, дающих возможность осуществить технологическую работу: взять деталь (сборочную единицу), закрепить деталь (сборочную единицу), переместить инструмент, привести в действие приспособление, измерить и т.п.

Время на обслуживание рабочего места  $t_a$  необходимо для раскладки инструмента, уборки рабочего места, замены инструмента, передачи рабочего места сменщику и т.д.

Время  $t_{ср}$  учитывает перерывы на отдых рабочего, на личные потребности.

Время обслуживания рабочего места и перерывов принимается в процентах к оперативному, а именно

$$t_{об} = (2-3\%)t_{он} \quad t_{ср} = 2\%t_{он}.$$

Общие время на сборку всего изделия

$$T_{ум} = \sum_{t=1}^m t_{ум} \quad (12)$$

где  $m$  - число сборочных операций.

Время на сборку партии (серии) изделия  $T_N$  равно

$$T_{п.з}^0 = t_{шт}n + T_{п.з}. \quad (13)$$

где  $n$  – количество изделий в партии (серии);

$T_{п.з.}$  –подготовительное заключительное время на всю партию.

Штучно-калькуляционное время на одно изделие

$$T_n = T_{шт} + (T_{п.з.}/n) \quad (14)$$

#### 4.ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Существуют маршрутные, операционные карты, карты эскизов, контрольные и др. Маршрутная карта технологического процесса сборки изделия обычно содержит краткие сведения о порядковом номере операции, об объекте сборки- сборочной единице: комплекте, подузле, узле и т.д. с указанием о необходимости его сборки, испытании, контроле, а также сведения об оборудовании, приспособлениях, вспомогательном инструменте, режущем и измерительном инструменте. Имеются сведения об участке и цехе, где выполняется данная операция. Операционная карта технологического процесса сборки изделия (табл.1) предполагает более полное описание всех технологических переходов, совершаемых при сборке каждой сборочной единицы.

Иногда текст сопровождается операционными эскизами.

Первоначально в соответствии со схемой сборки записывают подряд все собираемые комплекты, потом подузлы, далее по порядку узлы и изделие в целом. Текст записывается в повелительном наклонении. На операционном эскизе показывают собираемый объект вместе с приспособлением, устанавливаемую деталь или присоединяемую сборочную единицу вместе с вспомогательным инструментом. Необходимо показать схемы базирования соединяемых деталей перед сборкой и на заключительном этапе, а также те посадки, которые должны быть обеспечены в результате сборки.

После составления карт сборки заполняются ведомость необходимых для сборки деталей, а также потребного оборудования, при-

способлений и инструмента. Для определения потребного количества оборудования и числа рабочих необходимо не только знать трудоемкость и станкоемкость, но и разряд рабочих. Разряд назначается исходя из совокупности выполняемых работ данным рабочим по тарифно-квалификационному справочнику.

Сведения о затратах времени на выполнение отдельных технологических переходов можно найти в нормативных справочниках. Если переналадку оборудования и технологической производит рабочий-сборщик, то следует учесть затраты и подготовительно-заключительного времени  $T_{из}$ , приходящие на каждое собираемое изделие.

Пример заполнения операционной карты для сборки комплекта 3 (см. лаб. раб №1) приведен в табл.1.

Для определения длительности (цикла) сборки машин строят циклограмму (рис. 4). В избранном масштабе циклограмма отражает не только последовательность затрат времени на выполнение операций, но и совмещение во времени этих затрат. Из циклограммы видно, что сокращение цикла сборки может осуществляться двумя путями: 1) совмещение выполнения отдельных переходов или целых операций во времени; 2) сокращением трудоемкости выполнения отдельных переходов.

Продолжительность выполнения переходов различна. Если для достижения наиболее высокой производительности труда намечено воспользоваться поточным видом сборки, то продолжительность всех несовмещенных операций необходимо запроектировать равной или краткой установленному такту, или, как говорят, добиться синхронизации операций. Этого можно достигнуть путем перераспределения переходов технологического процесса между операциями и сокращения трудоемкости переходов за счет механизации труда, внедрения новых видов технологической оснастки, увеличения точности механической обработки сборочных единиц и деталей,

Таблица 1

Операционная карта					
Инв.№ подл	Подпись	Взам №	инв №	Гост. 8.1407-86 формула 1	
опер. Карта слесарю-СБ.Р.			редуктор		
			литера		
	наименование операции	оборудование (наименование, модуль)			
	сборочная. Сборка комплекта 3	Гидропресс			
	содержание перехода	технолог.ре:	приспособ (код,наиме)	инструм	T0
1	Установить вал 9 в приспособление		присп. Спец		0,07
2	Приганть и запаять шпонку 10			напильник	0,8
3	Смазать посадочные места вала 9 солидолом				0,26
4	Установить шестерню 11 ступицей вниз		Приспособ		0,07
	в приспособление-подставку		подставка		
5	Установить вал 9 шпонкой 10 против паза шестерни 11				0,26
	и запресовать				
6	установить маслоотражатель 12 на вал 9			молоток	0,1
7	Напрессовать внутреннее кольцо роликоподшипника 13		оправка		0,14
	на вал 9 до упора				0,1
8	Повернуть собираемый комплкт на 180				0,1
	Повторить переходы 6 и 7 с обратной стороны				
11	Отложить собранный комплект в тару		тара		
			700*700*800		0,05

Таблица 2

24	Контроль редуктора	1,1	
23	Регулирование зацепления редуктора	1,1	
22	Установка подузла 1 в корпус	1	
21	Сборка комплектов 8	0,3	
20	Регулирование натяга в подшипниках 13	1,1	
19	Установка комплекта 4	1,1	
18	Сборка комплектов 2	0,4	
17	Установка комплекта 3	0,6	
16	Установка комплекта 1	1,1	
15	Сборка комплектов 2	0,4	
14	Установка корпуса редуктора на стол	0,6	
13	Сборка подузла 1	0,6	
12	Сборка комплектов 8	0,3	
11	Регулирование натяга в подшипниках 18	0,9	
10	Установка регулировочной гайки	0,2	
9	Установка стопорной шайбы на вал-шестерню	0,1	
8	Установка конического подшипника в стакан	0,4	
7	Сборка комплектов 5 и 6	0,4	
6	Сборка комплекта 6	1,5	
5	Сборка комплекта 5	2	
4	Сборка комплекта 7	1,3	
3	Сборка комплекта 4	1,8	
2	Сборка комплекта 3	2,2	
1	Сборка комплекта 1	2	

поступающих на сборку, изменения конструкции машины для перехода на достижение требуемой точности методами взаимозаменяемости и регулирования, дополнительного деления машины на сборочные единицы, повышения квалификации работающих, лучшей организацией рабочих мест.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить методические указания.
2. Обосновать вид и форму производственного процесса сборки цилиндрического редуктора для условий массового производства.
3. Рассчитать такт выпуска, цикл, число рабочих мест, количеств рабочих для одного потока, скорость движения конвейера (данные для расчета получить у преподавателя).
4. Выявить одну из размерных цепей обеспечивающую точность зацепления (точность межосевого расстояния, параллельность или перекос осей вращения зубчатых колес, боковой зазор).
5. Выбрать метод расчета и достижения точности замыкающего звена.
6. Спроектировать операцию сборки промежуточного вала цилиндрического редуктора. Рассчитать штучное время.
7. Разработать циклограмму сборки промежуточного вала.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие исходные данные необходимы для разработки технологического процесса?
2. Какие цели преследует изучение рабочих чертежей машины?
3. Как ведется выбор методов достижения точности?
4. Как формируются операции технологического процесса сборки машины?

5. Как выявить соответствие технологических требований и норм точности служебному назначению?
6. Как выбрать вид и организационную форму технологического процесса сборки машин?
7. Какие виды технологической документации сопутствуют процессу сборки изделия?
8. Как и зачем разрабатывают циклограмму сборки изделия?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудряшов, Евгений Алексеевич. Основы технологии машиностроения [Текст] : [учебник для студентов вузов по направлениям "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)"] / Е. А. Кудряшов, И. М. Смирнов, Е. И. Яцун ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Е. А. Кудряшова. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 431 с. : ил. - Библиогр.: с. 424-426
2. Безъязычный, Вячеслав Феоктистович. Основы технологии машиностроения [Текст] : учебник / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 с. : ил.
3. Технологические процессы машиностроительного производства [Текст] : учебное пособие / В. А. Кузнецов [и др.]. - М. : Форум, 2010. - 528 с. : ил. - (Высшее образование).
4. Технология машиностроения [Текст] : сборник задач и упражнений / В. И. Аверченков [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ИНФРА-М, 2006. - 288 с. - (Высшее образование)