



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
В Г. ВОЛГОДОНСКЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**(Институт технологий (филиал) ДГТУ в г. Волгодонске)**



**УТВЕРЖДАЮ**

Директор

И.В. Столяр

«26» апреля 2022 г.

Методические указания по выполнению практических работ

по дисциплине

«Технологическая подготовка производства»

для обучающихся по направлению подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных

производств

профиль Технология машиностроения

2022 года набора

Волгодонск

2022

## Лист согласования

Методические указания по дисциплине «Технологическая подготовка производства» составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «ТСиИТ» протокол № 9

от «26» апреля 2022 г.

# Практическая работа № 1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛЕЙ (ТКИ)

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучение нормативной базы для оценки технологичности изделий на основе технологического контроля конструкторской документации.

### 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Оценка ТКИ представляет совокупность взаимосвязанных мероприятий по выявлению её отдельных или целостных свойств, их сопоставлению со свойствами изделия, конструкция которого принята в качестве базы для сравнения, и представление результатов сопоставления в форме, приемлемой для принятия управленческих решений по совершенствованию конструкции разрабатываемого изделия.

В зависимости от используемых средств различают инженерно-расчетные и инженерно-визуальные методы, которые относятся, соответственно, к количественным и качественным методам оценкам ТКИ.

#### Качественная оценка ТКИ

Инженерно-визуальный метод оценки ТКИ представляет собой совокупность приемов, посредством которых разработчик конструкции визуально оценивает конструктивные и технологические признаки изделия.

Разновидностями инженерно-визуальных методов оценки ТКИ могут быть разнообразные методы, основанные на использовании информации, получаемой в результате восприятий органов чувств, например, на стадии разработки конструкторской документации опытного образца или серийного производства. Эти методы широко используются для оценки качества продукции. Качественная оценка ТКИ основана на инженерно-визуальных методах оценки и проводится по отдельным конструктивным и технологическим признакам и, как правило, предшествует количественной оценке, но вполне совместима с ней на всех стадиях проектирования.

Качественная оценка одного конструктивного исполнения изделия производится на основании анализа соответствия его основным требованиям к производственной, эксплуатационной и ремонтной ТКИ по

критериям «хорошо – плохо», «допустимо – недопустимо», «технологично – нетехнологично» и т. д.

При сравнении вариантов конструктивных исполнений изделия в процессе проектирования качественная оценка «лучше – хуже» и т.п. часто позволяет выбрать лучший вариант исполнения или установить целесообразность затрат времени на определение численных значений показателей ТКИ всех сравниваемых вариантов.

В отдельных случаях для качественного описания конструктивных и технологических признаков изделия могут быть применены шкала интенсивности этих признаков и, следовательно, переход к количественной их оценке посредством введения баллов.

Количественная оценка ТКИ.

Технологичность конструкции изделия оценивают количественно с помощью системы показателей, которая включает:

- базовые – показатели, принятые за исходные при оценке технологичности;
- частные – показатели технологичности, характеризующие одно из входящих в нее свойств;
- комплексные – показатели технологичности, характеризующие несколько входящих в нее частных или комплексных свойств;
- уровни технологичности – показатели технологичности, выражаемые отношением значения показателя изделия технологичности данного изделия к назначению соответствующего базового показателя технологичности.

Базовые значения показателей технологичности указываются в техническом задании на разработку изделия, а по отдельным видам изделий, номенклатура которых устанавливается отраслями, – в отраслевых стандартах.

Инженерно-расчетный метод оценки ТКИ представляет собой совокупность приемов, посредством которых разработчик конструкции определяет и сопоставляет расчетным путем численные значения показателя ТКИ проектируемого изделия  $K$  и соответствующего показателя конструкции изделия, принятой в качестве базы для сравнения  $K_6$ .

Наиболее распространены методы абсолютной, относительной и разностной оценки ТКИ, т. е. оценки, выполняемой по результатам вычисления следующих показателей:

- абсолютного показателя  $K = (k_1, \dots, k_N)$ ;
- сравнительного показателя (уровня)  $K_y = K/K_6$ ;

– разностного показателя  $\Delta K = (K - K\bar{b})$ ;  $\Delta K = (1 - Ky)$ .

Для того, чтобы характеризовать не отдельные признаки совершенства конструкции изделия, а определенную группу признаков технологичности, используют комплексные показатели.

Оценка технологичности конструкции изделия только по частным показателям требует предварительного определения их сравнительной экономической эквивалентности, так как в сравниваемых вариантах отдельные частные показатели могут иметь не только различные численные значения, но и различную экономическую значимость. Поэтому для использования комплексных показателей вводятся коэффициенты экономической эффективности частных показателей, которые выражаются долей общей эффективности всех учитываемых факторов технологичности конструкции. Например, технологичность конструкции оценивается четырьмя частными коэффициентами технологичности ( $K_1 \dots K_4$ ). Считается, условно, что эти факторы имеют существенное влияние на трудоемкость и себестоимость изделия, следовательно, между ними распределено 100 % эффективности всех средств повышения технологичности конструкции. По типовому представителю (или иным образом) установлено соотношение рассматриваемых показателей  $K_{1э} = 0,5$ ;  $K_{2э} = 0,3$ ;  $K_{3э} = 0,5$ ;  $K_{4э} = 0,1$ .

Комплексные показатели технологичности конструкций изделий можно определять различными методами. Многие из них подобны и отличаются не принципиальными положениями. Практическое применение имеют следующие методы определения комплексных показателей технологичности конструкций:

– комплексный показатель выражается произведением частных показателей или отношением произведения частных показателей к их количеству или сумме. В отдельных случаях эта методика предусматривает введение коэффициентов экономической эквивалентности используемых частных показателей;

– комплексный показатель выражается среднеарифметической или средневзвешенной величиной частных показателей с введением коэффициентов их экономической эквивалентности;

– комплексный показатель определяется на основании обработанных опытных статистических данных частных показателей методом корреляционного анализа. Полученные функции регрессии (уравнение зависимостей различных частных факторов) позволяют определить комплексный технико-экономический показатель (трудоемкость, себестоимость и др.);

– комплексный показатель определяется по системе баллов, которыми оценивают показатели технологичности для последующего определения технико-экономического показателя, считая их взаимосвязь строго линейной;

– комплексный показатель определяется по системе уменьшения максимального значения показателя технологичности при несоответствии конструктивно-технологических факторов изделия наиболее технологичной конструкции представителя;

– комплексный показатель определяют, используя отдельные элементы изложенных выше методов.

Комплексный показатель, определяемый по системе уменьшения максимального значения показателя технологичности, основан на сравнении конструктивно-технологических факторов данного изделия с наиболее технологичной конструкцией типового представителя.

Комплексный показатель на изделие (деталь или сборочную единицу) может обобщать ряд составляющих комплексных показателей, характеризующих группы факторов (свойств). Например, для изделия, являющегося деталью, комплексный показатель ( $K_{кд}$ ) может быть выражен

$$K_{кд} = \frac{K_{к1}K_{э1} + K_{к2}K_{э2} + K_{к3}K_{э3} + K_{к4}K_{э4}}{K_{э1} + K_{э2} + K_{э3} + K_{э4}} = \frac{\sum K_{ки}K_{эi}}{\sum K_{эi}},$$

где  $K_{к1}$  – комплексный показатель технологичности получения заготовки детали;

$K_{к2}$  – комплексный показатель технологичности обработки до заданных геометрических форм и размеров;

$K_{к3}$  – комплексный показатель обработки до заданных физико- механических свойств материала;

$K_{к4}$  – комплексный показатель антикоррозионной обработки;

$K_{э1}, K_{э2}, K_{э3}, K_{э4}$  – соответствующие коэффициенты экономической эквивалентности обобщаемых показателей по видам работ.

Основные показатели ТКИ относятся к группе ресурсосберегающих показателей соответствия продукции, определяющих приспособленность конструкции к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте при заданных условиях выполнения работ и объеме выпуска. В их число входят: трудоёмкость, материалоёмкость и энергоёмкость, т.е. показатели использования ресурсов – труда, материалов, энергии, необходимых для непосредственного производства и использования изделия по назначению. Наряду с этими тремя группами единичных показателей к основным показателям относят показатели технологической себестоимости изделия, характеризующие затраты различных видов ресурсов комплексно в стоимостном выражении.

## Трудоемкость изделия

Трудоемкость изделия характеризует количество труда, затрачиваемого на одно изделие в сферах производства, эксплуатации и ремонта. Разновидностями этого показателя, определяемыми затратами труда в конкретных областях проявления ТКИ, являются:

- трудоемкость изделия в технической подготовке производства (ТПП);
- трудоемкость изделия в изготовлении;
- трудоемкость изделия в техническом обслуживании (ТО);
- трудоемкость изделия в ремонте;
- трудоемкость изделия в утилизации;
- общая трудоемкость изделия.

Основными методами определения трудоемкости являются хронометраж и расчетный метод. Хронометраж - изучение затрат рабочего времени на выполнение элементов работ путем наблюдения и измерения их продолжительности. Он применяется для определения трудоемкости изделия на стадии изготовления и испытания опытного образца или опытной партии изделий и изделий серийного производства. Расчетный метод может использоваться в процессе разработки рабочей конструкторской документации. В процессе реализации расчетного метода оценки трудоёмкости могут дополнительно использоваться методы многофакторного анализа, учета сложности конструкции изделия и др..

Трудоемкость изделия является многофакторной функцией условий производства и определяется зависимостью:

$$T = T_0 K_o,$$

где  $T_0$  – исходный показатель трудоемкости изделия базовой конструкции в определенных условиях выполнения работ;

$K_o$  – корректирующий коэффициент, учитывающий влияние конкретных условий выполнения работ;

$$K_o = K_c K_{го} K_T,$$

где  $K_c$  – коэффициент, учитывающий изменение трудоемкости от программы выпуска изделий – серийности производства;

$K_{го}$  – коэффициент, учитывающий изменение трудоемкости в зависимости от года освоения изделия в производстве;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий техническую оснащенность выполнения работ.

Учет сложности конструкции основан на предположении, что увеличение

параметров изделия, ужесточение технических требований к конструкции изделия (точности, шероховатости поверхностей, обрабатываемости материала) пропорционально изменяет трудоемкость изделия

$$T = T_6 K_{сл.}$$

Коэффициент сложности  $K_{сл}$  определяют экспертным путем из практических соображений, сопоставляя для анализируемого изделия и базового образца качества точности и классы шероховатости, удобство изготовления, обрабатываемость материала и т. п.

Материалоемкость изделия

Материалоемкость изделия как показатель ТКИ характеризует количество материальных ресурсов, необходимых для создания и применения одного изделия с учетом его конструктивных особенностей в сферах производства, эксплуатации и ремонта. Разновидностями этого показателя, определяемыми затратами материалов в конкретных областях проявления ТКИ, являются:

- материалоемкость изделия в изготовлении;
- материалоемкость изделия в ТО;
- материалоемкость изделия в ремонте;
- общая материалоемкость изделия.

Для оценки использования тех или иных материалов используют коэффициент применимости материала

$$K_{пр. м} = M_{ni} / M_n,$$

где  $M_{ni}$  – норма расхода  $i$ -го материала данной марки и на изготовление изделия;  
 $M_n$  – норма расхода всех материалов на изготовление изделия.

Учет коэффициента применимости материала позволяет в перспективе использовать более прогрессивные марки, обеспечивая при этом необходимый баланс потребности в материалах.

Для оценки степени рационального использования материалов применяют коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = M_i / M_{ni}$$

где  $M_{ni}$  - номинальное значение массы  $i$ -го материала в изделии.

Введение показателя  $M_{ni}$  означает, что уже на стадиях разработки конструкции изделия должна производиться объективная и достоверная оценка не только самой конструкции изделия, но и технологического процесса

предполагаемого производства.

### Энергоемкость изделия

Энергоемкость изделия как показатель ТКИ характеризует количество топливно-энергетических ресурсов, необходимых на одно изделие с учетом его конструктивных особенностей в сферах производства, эксплуатации и ремонта. Разновидностями этого показателя, определяемыми затратами топлива и энергии в конкретных областях проявления ТКИ, являются: энергоемкость изделия в изготовлении; энергоемкость изделия в техническом обслуживании; энергоемкость изделия в ремонте; энергоемкость изделия в утилизации; общая энергоемкость изделия.

В зависимости от вида топлива и энергии (электроэнергия, топливо, тепло, пар, вода, сжатый воздух или газ, атомная энергия и т.п.), потребляемых на производство, техническое обслуживание, ремонт и утилизацию, различают показатели энергоемкости по каждому виду топлива и энергии: электроемкость, нефтеемкость и др.

Удельную производственную энергоемкость изделия рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}^{\text{уд}} = \mathcal{E} / (P\tau)$$

п            п

где  $\mathcal{E}_п$  – производственный расход топлива или энергии на изготовление изделия;  
 $\tau$  – установленный срок службы изделия в эксплуатации;

$P$  – номинальное значение основного параметра изделия или полезный эффект от эксплуатации изделия, определяемые по результатам научных исследований для конкретного вида изделия.

При расчете значений энергоемкости изделия учитывают расход топлива и энергии только на технологические цели, не включая в расчетную формулу затраты на отопление и освещение производственных помещений и различные хозяйственные нужды.

### Технологическая себестоимость изделия

Часть себестоимости изделия, определяемая суммой затрат на осуществление технологических процессов изготовления изделия называется технологической себестоимостью, которая характеризует в стоимостном выражении ресурсоемкость изделия с учетом его конструктивных особенностей в сферах производства, эксплуатации и ремонта. Разновидностями этого показателя, определяемыми

затратами ресурсов в конкретных областях проявления ТКИ, являются:

- технологическая себестоимость изделия в технической подготовке производства (ТПП);
- технологическая себестоимость изделия в изготовлении;
- технологическая себестоимость изделия в техническом обслуживании;
- технологическая себестоимость изделия в ремонте;
- технологическая себестоимость изделия в утилизации.

В общем виде технологическая себестоимость изделия  $C_T$  рассчитывается по формуле

$$C_T = C_M + C_3 + C_{н.р},$$

где  $C_M$  – стоимость материалов, затраченных на изготовление (техническое обслуживание, ремонт) изделия;

$C_3$  – заработная плата рабочих с начислениями;

$C_{н.р}$  – накладные расходы, включающие расходы на электроэнергию, потребляемую оборудованием, на амортизацию оборудования, инструмента и приспособлений, на смазочные, охлаждающие, обтирочные и другие материалы, предусмотренные процессом проведения работ.

Наряду с абсолютной технологической себестоимостью изделия в качестве показателя ТКИ применяют удельную технологическую себестоимость по области ее проявления.

Удельную производственную технологическую себестоимость изделия рассчитывают по формуле

$$C_{п}^{уд} = C_{п} / (P\tau),$$

где  $C_{п}$  – производственная технологическая себестоимость изделия, руб.;

$\tau$  – установленный срок службы изделия в эксплуатации;

$P$  – номинальное значение основного параметра изделия, или полезный эффект от его эксплуатации.

Характеристики и параметры должны удовлетворять тем же требованиям, что и при расчете материалоемкости изделия.

Удельную эксплуатационную технологическую себестоимость изделия рассчитывают по формуле

$$C_{э}^{уд} = C_{э} / (P\tau),$$

где  $C_3$  – эксплуатационная технологическая себестоимость изделия, руб.

При сравнительном анализе вариантов конструкции изделия по технологической себестоимости необходимо выполнять те же требования, что и для оценки трудоемкости и материалоемкости изделия. Расчетные методы определения трудоемкости и материалоемкости изделия рекомендуются также для использования при укрупненном определении технологической себестоимости изделия.

## **2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

1. Изучить методики определения показателей технологичности конструкции детали.
2. Оценить технологичность конструкции детали, согласно заданию, используя числовые данные об исходной заготовке и базовом образце.
3. Обосновать выбор критерия оценки технологичности конструкции детали, применительно к условиям серийного двигателестроительного производства.
4. Подготовить отчет, который должен содержать наименование и цель работы; анализ способов и критериев оценки технологичности; расчет основных показателей технологичности конструкции деталей; выводы по результатам выполненной работы.

### **Практическая работа № 2 АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ** – изучение процедуры определения качественных и количественных показателей технологичности деталей.

#### **1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Успешное решение задач, которые стоят и будут стоять перед машиностроением, при создании новых и совершенствовании действующих машин с целью достижения более высоких эксплуатационных характеристик при одновременном сокращении их массы, габаритов и стоимости, повышении долговечности, простоте ухода и надежности в работе.

Одновременно в самом машиностроении необходимо совершенствовать технологические процессы изготовления изделий, улучшать использование всех средств технологического оснащения, внедрять в производство прогрессивные

методы организации производства.

Одним из эффективных путей решения этих задач является внедрение принципов технологичности конструкций. В соответствии с ГОСТ14.205-83 технологичность – это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте при заданных показателях качества, объеме выпуска и условиях выполнения работ.

Производственная технологичность конструкции детали - это степень соответствия требованиям наиболее производительного и экономичного изготовления.

Чем меньше трудоемкость и себестоимость изготовления, тем более технологичной является конструкция детали.

Технологичность – важнейшая техническая основа, обеспечивающая использование конструкторских и технологических резервов для выполнения задач по повышению технико-экономических показателей изготовления и качества изделий. Работа по улучшению технологичности должна производиться на всех стадиях проектирования и освоения в производстве выпускаемых изделий.

При выполнении работ, связанных с технологичностью, следует руководствоваться группой стандартов, входящих в Единую систему подготовки производства (ЕСТПП), а именно ГОСТ 14.201-83...14.205-83.

Технологичность детали зависит от типа производства, выбранного технологического процесса, оборудования и оснастки, организации производства, а также от условий работы детали и сборочной единицы в изделии и условий ремонта.

Оценка технологичности конструкции бывает двух видов: качественная и количественная.

Качественная оценка технологичности является предварительной, обобщенной и характеризуется показаниями: «лучше - хуже», «рекомендуется – не рекомендуется»,

«технологично – нетехнологично» и т.п.

Технологичной при качественной оценке следует считать такую геометрическую конфигурацию детали и отдельных ее элементов, при которой учтены возможности минимального расхода материала и использовании наиболее производительных и экономичных для определенного типа производства методов изготовления

Требования к технологичности конструкции детали согласно ГОСТ 14.204-83 следующие:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных элементов или быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных и унифицированных

- заготовок или заготовок, полученных рациональным способом;
- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степень точности и шероховатость;
  - физико-химические свойства материала, жесткость детали, её форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления;
  - показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
  - конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых стандартных технологических процессов её изготовления.

Примеры некоторых конструктивных решений, обеспечивающих технологичность корпусных деталей, валов, втулок, шестерен и шкивов.

Основные требования к технологичности деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ

Технологичность конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ, рассматривается с позиции собственно обработки и задач программирования, решение которых требует упрощения геометрических образов и типизации основных повторяющихся геометрических элементов заготовки. Для удовлетворения требований механической обработки на станках с ЧПУ в общем случае следует считать технологичными такие детали, формы и размеры которых отвечают условиям выполнения обработки в непрерывном автоматическом цикле.

Применение автоматизированных методов проектирования технологических процессов и управляющих программ для обработки на станках с ЧПУ ставит перед конструкторами задачу пересмотра требований к оформлению чертежей деталей. При этом особо актуальной является проверка чертежей на технологичность, их увязка с возможностями станков с ЧПУ.

Правила обработки детали на технологичность:

- 1) Единым критерием технологичности конструкции изделия является её экономическая целесообразность при заданном качестве и принятых условиях производства.
- 2) При определении качественных показателей технологичности детали определить:
  - а) Возможность изготовления заготовок с минимальными припусками.
  - б) Соответствие материала детали её названию.
  - в) Взаимозаменяемость детали с оптимальными значениями полей допуска и шероховатостей обработки.
  - г) Стандартизация и унификация конструктивных элементов (резьб, модулей зубчатых колёс, радиусов, галтелей и т.д.).
  - д) Возможность применения стандартного режущего, мерительного и

вспомогательногоинструментов, приспособлений.

е) Возможность использования типовых технологических процессов.

#### Количественная оценка технологичности

Для количественной оценки используют показатели, приведенные в таблице 1, показывающие достигнутое снижение: коэффициент трудоёмкости ( $K_{yт}$ ), технологической себестоимости ( $K_{yc}$ ) по сравнению с аналогичным базовым вариантом, а также коэффициент унификации конструктивных элементов ( $K_{yэ}$ ); коэффициент точности ( $K_{ym}$ ); коэффициент шероховатости ( $K_{ш}$ ).

Таблица 1 – Расчет количественных показателей технологичности конструкции детали

Наименование показателя	Формула и расчет
1	2
1. Трудоемкость изготовления детали	$K_{y.т.} = \frac{T_{п}}{\overline{T_{б}}}$ <p>где <math>T_{п}</math> – проектная трудоемкость изготовления детали;  <math>\overline{T_{б}}</math> – трудоемкость на базовом предприятии.</p>
2. Технологическая себестоимость	$K_{y.с.} = \frac{C_{п}}{C_{б}}$ <p>где <math>C_{п}</math> – проектная себестоимость детали;  <math>C_{б}</math> – себестоимость на базовом предприятии.</p>
3. Коэффициент унификации конструктивных элементов	$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.э.}}{Q_{э}}$ <p>где <math>Q_{y.э.}</math> – число унифицированных элементов (резьбы, фаски, отверстия, шпонки и пр.);  <math>Q_{э}</math> – число конструктивных элементов в детали.</p>
4. Коэффициент использования материала	$K_{и.м.} = \frac{m_{д}}{m_{з}}$ <p>где <math>m_{д}</math> – масса детали;  <math>m_{з}</math> – масса заготовки.</p>

5. Коэффициент точности обработки детали	$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{A_{ср}}$ <p>где <math>A_{ср}</math> – средний квалитет точности.</p>
6. Коэффициент шероховатости поверхностей детали	$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}}$ <p>где <math>B_{ср}</math> – средняя шероховатость поверхности.</p>

Для определения коэффициента унификации конструкторских элементов учитывают все унифицированные типоразмеры: ряды нормальных диаметров валов и отверстий, резьбы, зубья, шлицы, фаски, конусы и др.

Коэффициент точности определяют по формуле:

$$K_{ум} = 1 - \frac{1}{A_{ср}}, \quad (1)$$

где  $A_{ср}$  - средний квалитет точности, определяется как сумма всех квалитетов точности поверхностей, делённая на общее количество поверхностей.

Коэффициент шероховатости  $K_{ш}$  определяют по формуле:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}}, \quad (2)$$

где  $B_{ср}$  - средняя шероховатость обработки, определяется аналогично среднему квалитету точности ( $A_{ср}$ ).

Числовые значения показателей (коэффициентов) должны быть близки к 1 (примерно 0,6 . . 0,8). В этом случае деталь считается технологичной

Анализ технологичности по количественным показателям 1 и 2 таблицы 1 в практической работе допускается не производить.

Указания по определению некоторых показателей.

Для расчета  $K_{у.э.}$ ,  $K_{т.ч}$  и  $K_{ш}$  необходимо подготовить исходные данные и свести их в таблицу 2. С этой целью необходимо:

- 1) пронумеровать все поверхности детали (или присвоить им наименования);
- 2) определить количество одинаковых поверхностей, суммируя которые получаем  $Q_э$ ;
- 3) определить количество унифицированных элементов для каждой поверхности, пользуясь приложениями 1 - 7 , а затем суммировать их и получим  $Q_{у.э}$ ;
- 4) по чертежу определить квалитет точности каждой поверхности (если на чертеже старое обозначение точности по ОСТ, необходимо его перевести в ЕСДП, пользуясь приложением 1;

- 5) определить параметр шероховатости для каждой поверхности в мкм (если на чертеже старое обозначение шероховатости треугольником и номером класса, например  $\nabla 5$ , необходимо перевести его в новое обозначение параметром  $R_a$ , пользуясь приложением 2;

Средний квалитет точности определяем по формуле:

$$A_{cp} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}}{\sum_1^{19} n}, \quad (3)$$

где  $n_1, n_2, \dots, n_{19}$  – число поверхностей детали точностью соответственно по 1 – 19 квалитетам (см. пример)

Средняя шероховатость поверхности  $B_{cp}$ , определяемая в значениях параметра  $R_a$ , мкм, равна:

$$B_{cp} = \frac{0,01n_{14} + 0,02n_{13} + \dots + 40n_2 + 80n_1}{\sum_1^{14} n}, \quad (4)$$

## 2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Необходимые материалы и данные:

Чертеж детали. Чертеж заготовки.

Справочники и учебные пособия.

Методические указания и порядок выполнения работы

1. Работа выполняется в подгруппах по 2-3 человека в каждой. Подгруппа получает индивидуальное задание и исходные материалы: чертеж детали, чертеж заготовки. Примечание Данную работу можно выполнить по чертежу детали и рассчитанной заготовке практической работы №1 по согласованию с преподавателем 1. Изучить исходные данные:

2. Провести анализ исходных данных.

2.1 установить наименование детали, ее форму, размеры, вес, материал и родзаготовки;

2.2 пронумеровать все поверхности детали на рабочем чертеже справа - налево по часовой стрелке арабскими цифрами.

2.3 определить по рабочему чертежу детали для каждой поверхности: размер, точность, шероховатость обработки, требования по взаимному расположению поверхностей, требования к форме поверхностей, заполнить таблицу 1.

3. Произвести анализ детали на технологичность.

3.1 Определить качественные показатели технологичности, сделать выводы по заданному чертежу детали.

3.2 Определить 3 количественных показателя технологичности: коэффициенты унификации, точности, шероховатости, проанализировав таблицу 1.

Таблица 1

Наименование поверхностей	Количество поверхностей	Количество унифицированных поверхностей	Квалитет точности	Шероховатость
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-

3.3 Сделать выводы о технологичности конструкции.

4. Оформить отчёт

4.1 Содержание отчёта

1. Тема практической работы.
2. Цель практической работы.
3. Ход (содержание работы).
4. Выводы.

### **Практическая работа № 3**

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ.**

**Цель работы:** Ознакомиться с порядком оформления технологического процесса, анализируя его на технологичность.

Изделие	Любой предмет производства, подлежащий изготовлению на предприятиях. Изделием может быть машина, ее элементы в сборе и даже отдельная деталь в зависимости от того, что является предметом конечной стадии производства
Полуфабрикат	Изделие предприятия-поставщика, подлежащее дополнительной обработке или сборке
Производственный процесс	Совокупность действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта выпускаемых изделий. Реализуется в основных и

	вспомогательных цехах
Рабочее место	Участок производственной площади, оборудованный в соответствии с выполняемой на нем работой
Технологический процесс	Часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. При реализации технологического процесса происходит изменение качественного состояния объекта производства (химических и физических свойств материала, форм, размеров, качества поверхности, внешнего вида объекта и т.д.) Выполняется на рабочих местах
Проектный техпроцесс	Техпроцесс, выполняемый по предварительному, проекту технической документации
Рабочий техпроцесс	Техпроцесс, выполняемый по рабочей и конструкторской документации
Перспективный техпроцесс	Техпроцесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить предприятию.
Маршрутный технологический процесс	Техпроцесс, выполненный по документации, в которой содержание операции излагается без указания переходов и режимов обработки
Операционный техпроцесс	Техпроцесс, выполненный по документации, в которой содержание операции излагается с указанием переходов и режимов обработки
Операционно-маршрутный техпроцесс	Техпроцесс, выполненный по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов обработки

### **Технологический процесс разделяется на части:**

#### **Технологическая операция разделяется на:**

Технологическая операция	Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.
Вспомогательная операция	Операция, носящая вспомогательный характер в технологическом процессе: транспортировка, контроль, маркировка и т.д.
Технологический переход	Законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством обрабатываемых поверхностей, применяемого инструмента при неизменном режиме работы оборудования

Вспомогательный переход	Законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и качества поверхности, но необходимы для выполнения технологического перехода( установка заготовки, её закрепление, смена инструмента и т.д.
-------------------------	---

### **Переход делится на:**

**Рабочий ход** - Законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки

**Вспомогательный ход** - Однократное перемещение инструмента относительно заготовки, не сопровождаемое перечисленными выше изменениями заготовки, но необходимые для выполнения рабочего хода. Например, вспомогательный переход «установка заготовки в приспособление» включает приемы: взять заготовку, установить в приспособление и закрепить.

При изменении положения обрабатываемой заготовки операция состоит из нескольких элементов:

**Установ** - Часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемого объекта

**Позиция** - Фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной заготовкой или собираемым изделием совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции

**Прием** - Законченное движение рабочего в процессе выполнения операции.

При разработке техпроцессов применяют:

**Дифференциацию операций** - Применяется в массовом и серийном производствах. Техпроцесс дифференцируется (расчленяется) на элементарные операции. Каждый станок выполняет одну определенную операцию. Станки применяют специальные или специализированные

**Концентрацию операций** - Применяется при любом типе производства. Техпроцесс предусматривает концентрацию операций, выполняемых на многошпиндельных автоматах и полуавтоматах, многолезцовых станках, автоматических линиях.

## **Практическая часть**

### **1. Необходимые материалы и данные:**

- 1.1 Рабочий чертеж обрабатываемой детали.
- 1.2 Чертеж заготовки.
- 1.3 Объем выпуска детали в год (тип производства)
- 1.4 Технологический процесс механической обработки детали, выполненной по ЕСТД
- 1.5 Бланки маршрутных и операционных карт на механическую обработку детали

### **2. Порядок выполнения работы, методические пояснения.**

- 2.1 Работа выполняется в подгруппах по 2-3 человека в каждой. Подгруппа получает индивидуальное задание и исходные материалы: чертеж детали, чертеж заготовки, технологический процесс, бланки технологического процесса.
- 2.2 Рассмотреть исходные данные ,наименование детали, материал, габаритные размеры, массу, технические условия ее изготовления, объем выпуска в год, вид и массу заготовки. Дать заключение о технологичности детали
- 2.3 По заданной массе и объему выпуска детали в год установить тип производства (единичное, серийное или массовое), в котором обрабатывается деталь и подсчитать коэффициент использования материала (Ким) заготовки. Определить соответствие вида принятой заготовки типу производства.

### **3. Рассмотреть технологический процесс механической обработки детали**

- 3.1. Определить вид анализируемого технологического процесса (нужное подчеркнуть в таблице отчета)
- 3.2. Рассмотреть формы технологической документации. Указать наименование документов, номера форм и стандарты по которым выполнены документы.
- 3.3. Определить структуру технологического процесса, Установить сколько всего операций входит в технологический процесс и каких, определить сколько механических, то есть станочных операций, слесарных , термических, контрольных , промывочных и прочих.
- 3.4. Определить черновые и чистовые установочные базы. Внимательно рассмотрев все станочные операции, необходимо определить какие поверхности в обрабатываемой детали являются черновой базой и какие — чистовой
- 3.5 Установить цель первых механических операций в анализируемом технологическом процессе и определить соблюдение законов совмещения и

постоянства баз.

3.6. Определить принцип построения технологического процесса. Технологический процесс механической обработки детали может быть спроектирован по принципам концентрации (последовательной или параллельной), дифференциации, а также по комбинированной схеме, когда в технологическом процессе часть операций дифференцированных, а часть концентрированных,

3.7. Определить место и назначение термических, слесарных, контрольных и других операций. Термические операции как правило выполняются или после чернового точения, или после чистового точения перед отделочной обработкой, т.е. шлифованием, притиркой, доводкой и др. Контрольные операции выносятся в самостоятельные, когда производится проверка выполнения технических требований чертежа детали, в остальных случаях контроль деталей осуществляется в процессе её обработки самим рабочим и выборочный контроль— контролером ОТК.

#### **4. Рассмотреть операционную карту механической обработки на заданную операцию.**

4.1. Определить структуру операции ( количество установок, позиций, переходов).

4.2. Рассмотреть оформление операционной карты и её содержание.

4.3. Установить применяемое оборудование, технологическую оснастку, инструмент, определить степень их универсальности (универсальный, специальный, специализированный) и соответствие их типу производства.

4.4. Рассмотреть форму записей переходов и оформление операционного эскиза для данной операции технологического процесса.

4.5. Оформить копии маршрутных карт технологического процесса, операционной карты с эскизом на рассмотренную операцию.

4.6. Оформить отчет

К отчету прикладываются копии маршрутных карт технологического процесса, операционной карты с эскизом на рассмотренную операцию.