ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

МР 186-85

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
(Госстандарт)

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по нормализации в машиностроении
(ВНИИНМАШ)

Обеспечение технологичности конструкции изделий машиностроения и приборостроения

Методические рекомендации

МР 186-85

Москва 1985

УДК 658.5II (083.96)

Обеспечение технологичности конструкции изделий машиностроения и приборостроения. Методические рекомендации МР I86–85. – М., ВНИИНМАШ, I985.

Методические рекомендации (МР) содержат требования к технологичности конструкции изделий (ТКИ), методические основы ее оценки и определения показателей технологичности, в том числе комплексных, базовых, основных и вспомогательных.

МР разработаны на основе опыта обеспечения ТКИ в различных отраслях машиностроения и приборостроения, с учетом наиболее универсальных и перспективных решений этой проблемы и предназначены для создания отраслевых НТД по обеспечению технологичности.

МР разработаны взамен ГОСТ I4.202-73, ГОСТ I4.203-73, ГОСТ I4.204-73, РД I9-74. В их основу положены принципы и требования, изложенные в ГОСТ I4.20I-83 и ГОСТ I4.205-83.

МР включают приложения: определение показателей ТКИ, методику оценки ТКИ с использованием разногласий качественных оценок, а также перечень нормативно-технических и справочных материалов, применяемых при обеспечении ТКИ.

В разработке МР принимали участие: к.т.н.Волков Б.Н., к.т.н.Амиров Ю.Д., Яновский Г.А. (руководитель темы), Голуб А.И., Глебова Г.В., Романюк Т.А., к.т.н.Стрельников О.В. (ВНИИНМАШ), к.т.н.Алексеенко П.П., к.т.н.Голованов В.И. (ВНИИмонтажспецстрой).

©

ВНИИНМАШ

I. ТРЕБОВАНИЯ К ТКИ

I.I. Общие требования

I.I.I. Основная задача обеспечения ТКИ заключается в достижении оптимальных трудовых, материальных и топливно-энергетических затрат на проектирование, подготовку производства, изготовление, монтаж вне предприятия-изготовителя, технологическое обслуживание (ТЛО), техническое обслуживание (ТО) и ремонт, при обеспечении прочих заданных показателей качества изделия в принятых условиях проведения работ. Для выполнения этой задачи необходимо:

обеспечить обязательность отработки конструкций изделий на технологичность на всех стадиях их разработки;

определить критерии ТКИ;

разработать методы расчета показателей ТКИ;

разработать методы отработки конструкций различных видов изделий на технологичность на всех стадиях проектирования;

обеспечить единство терминов и определений;

обеспечить методическими пособиями, руководящими техническими и методическими документами конструкторов и технологов, а также специалистов по ТЛО, ТО и ремонту техники.

I.I.2. Вид технологичности определяется областью проявления ТКИ.

По области проявления различают производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность.

Производственная ТКИ проявляется в сокращении средств и времени на: конструкторскую подготовку производства (КПП); технологическую подготовку производства (ТПП); процессы изготовления, в том числе контроля и испытаний; монтаж вне предприятия-изготовителя.

Эксплуатационная ТКИ проявляется в сокращении средств и времени на: подготовку к использованию по назначению, технологическое и техническое обслуживание; текущий ремонт, утилизацию.

Ремонтная технологичность проявляется в сокращении средств и времени на все виды ремонта кроме текущего.

I.I.3. Главными факторами, определяющими требования к ТКИ, являются: вид изделия, объем выпуска, тип производства.

Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обусловливающие основные требования к ТКИ.

Объем выпуска и тип производства определяют степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства.

I.I.4. При обеспечении ТКИ необходимо учитывать, что каждое изделие должно рассматриваться как объект проектирования, производства (в том числе монтажа вне предприятия-изготовителя), эксплуатации и утилизации.

I.I.4.I. Изделие, являясь объектом проектирования, проходит стадии в соответствии с ГОСТ 2.I03-68, специфика которых должна учитываться при отработке конструкции изделия на технологичность.

В целях сокращения сроков проектирования и обработки исходных данных по подготовке производства и эксплуатации изделия отработка конструкции изделия на технологичность на всех стадиях проектирования должна осуществляться согласно п.3.4 ГОСТ I4.20I-83.

Для автоматизированного решения задач обеспечения ТКИ следует применять математическое моделирование, основанное на типовых математических моделях, позволяющих осуществлять:

расчет показателей технологичности;

разработку рекомендаций по содержанию и порядку проведения изменений конструкции изделия с целью улучшения его технологичности;

разработку рекомендаций по содержанию и порядку проведения изменений производственной системы, системы технического обслуживания и ремонта с целью повышения их эффективности.

Методика оценки ТКИ с использованием разногласий качественных оценок дана в приложении 2 настоящих МР.

I.I.4.2. При отработке на технологичность конструкции изделия, являющегося объектом производства (в том числе монтажа вне предприятия-изготовителя), необходимо анализировать:

виды и макросортамент применяемых материалов;

виды и методы получения заготовок;

технологические методы и виды обработки, сборки, монтажа вне предприятия-изготовителя, контроля и испытаний;

возможность использования прогрессивных технологических процессов, в том числе безлюдных, малоотходных, энергосберегающих, типовых;

возможность механизации и автоматизации процессов;

возможность применения унифицированных и освоенных производством сборочных единиц и деталей;

специфические особенности предприятия-изготовителя (условия материального и топливно-энергетического обеспечения производства, состав технологического и подъемно-транспортного оборудования и др.)

требуемую квалификацию рабочих кадров.

I.I.4.3. При отработке на технологичность конструкции изделия, являющегося объектом эксплуатации, нужно учитывать:

удобство, трудоемкость и продолжительность ТЛО, ТО, необходимых для повышения ресурса (срока службы) и других показателей надежности изделия в работе;

удобство, трудоемкость и продолжительность ремонтных работ, необходимых для восстановления работоспособности изделия.

I.I.4.4. При отработке на технологичность конструкции изделия, являющегося объектом утилизации, следует анализировать:

возможность использования изделия, выработавшего полный ресурс (срок службы), не по прямому назначению;

приспособленность изделия, пришедшего в негодность, к уничтожению с учетом экологических требований.

I.2. Требования к конструкции сборочных единиц и деталей

I.2.I. Конструкция изделия отрабатывается на технологичность комплексно, учитывая взаимозависимость технологичности конструкции сборочных единиц и деталей.

Производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность конструкций сборочных единиц обеспечивают в комплексе с изделием, в которое данная сборочная единица входит как составная часть.

Технологичность конструкции исходной заготовки, детали, определенного вида обработки в технологическом процессе изготовления (восстановления) обеспечивают в комплексе с сборочной единицей, в которую эта деталь (заготовка) входит как составная часть.

I.2.2. Общие требования к ТКИ и сферы проявления эффекта при их выполнении приведены в табл. I.

Таблица I

Содержание требований	Сфера проявления эффекта при выполнении требований				
	КИП	ТИП	при изготовлении и монтаже вне предприятия-изготовителя	ТЛО и ТО	при ремонте
Требования к составу					
Сборочная единица должна расчленяться на рациональное число составных частей с учетом принципа агрегатирования	+	+	+	+	+
Конструкция сборочной единицы должна обеспечивать возможность компоновки из стандартных и унифицированных частей	+	+	+	+	+

Продолжение табл. I

Содержание требований	Сфера проявления эффекта при выполнении требований				
	КПП	ТПП	при изготовлении и монтаже вне предприятия-изготовителя	ТЛО и ТО	при ремонте
Метод сборки изделия должен обеспечивать применение экономически целесообразных средств технологического оснащения	-	+	+	+	+
Виды используемых соединений, их конструкция и месторасположение должны соответствовать требованиям механизации и автоматизации сборочных работ	-	+	+	+	+
В конструкции сборочной единицы и ее составных частей, имеющих массу более 16 кг, должны предусматриваться конструктивные элементы для удобного захвата грузоподъемными средствами при сборке, разборке, транспортировании и хранении	-	+	+	+	+
Конструкция сборочной единицы должна предусматривать базовую составную часть - основу для расположения остальных составных частей	-	+	+	+	+
Примечание. Базовая составная часть должна быть удобной для установки на рабочем месте сборки: в стапеле, приспособлении, на рабочем столе и пр.					
Компоновка сборочной единицы должна позволять сборку при неизменном базировании составных частей	-	+	+	-	+
В конструкции базовой составной части необходимо предусматривать возможность использования конструкторских сборочных баз в качестве технологических и измерительных	+	+	+	-	-
Компоновка сборочной единицы должна обеспечивать общую сборку без промежуточной разборки и повторных сборок составных частей	-	-	+	-	+

Продолжение табл. I

Содержание требований	Сфера проявления эффекта при выполнении требований				
	КПП	ТПП	при изготовлении и монтаже вне предприятия-изготовителя	ТЛО и ТО	при ремонте
Компоновка сборочной единицы должна обеспечивать удобный доступ к местам, требующим контроля, регулировки и проведения работ, регламентированных технологией подготовки изделия к использованию по назначению, ТЛО, ТО и ремонта	-	-	+	+	+
Компоновка сборочной единицы и способы соединений должны обеспечивать легкосъемность составных частей с малым ресурсом	-	-	-	+	+
Компоновка сборочной единицы должна предусматривать рациональное расположение такелажных узлов, монтажных опор и других устройств для обеспечения транспортабельности изделия	-	+	+	+	+
Требования к конструкции соединений составных частей					
Количество поверхностей и мест соединений составных частей должно быть минимальным	-	+	+	+	+
Места соединений составных частей должны быть доступны для механизации сборочных работ и контроля качества соединений	-	+	+	+	+
Точность обработки сопрягаемых поверхностей должна быть экономически обоснована	-	+	+	-	+
Конструкция соединений составных частей не должна требовать дополнительной обработки при сборке	-	+	+	-	+
Требования к точности и методу сборки					
Точность расположения составных частей должна быть обоснована и взаимосвязана с точностью их изготовления	-	+	+	-	+
Выбор метода сборки для данного объема выпуска и типа производства должен проводиться на основе расчета и анализа размерных цепей	+	+	+	-	+

Продолжение табл. I

Содержание требований	Сфера проявления эффекта при выполнении требований				
	КПП	ТПП	при изготовлении и монтаже вне предприятия-изготовителя	ТЛО и ТО	при ремонте
Расчет размерных цепей следует проводить, используя методы максимума-минимума или вероятностный	–	+	+	–	–
Примечание. Для размерных цепей, в которых должна быть обеспечена полная взаимозаменяемость, допуски рассчитывают по методу максимума-минимума					
При выборе метода сборки следует учитывать трудоемкость сборочных работ и затраты на изготовление составных частей с точностью, необходимой для данного метода сборки	–	+	+	–	+
Примечание. Методы сборки располагаются по убывающей производительности труда сборочных работ в следующем порядке: с полной взаимозаменяемостью; с неполной взаимозаменяемостью; с групповой взаимозаменяемостью; с регулированием; с пригонкой; с компенсирующими материалами					
В конструкции должны предусматриваться устройства, обеспечивающие заданную точность относительного расположения составных частей (центрирующие, фиксирующие, компенсирующие и др.)	+	+	+	–	+
Пределы регулирования и параметры компенсаторов должны рассчитываться на основе теории размерных цепей	+	+	+	–	+
Компенсирующие, центрирующие и фиксирующие устройства должны иметь простую конструкцию и свободный доступ для рабочего и контрольного инструмента	–	+	+	–	+

Продолжение табл. I

Содержание требований	Сфера проявления эффекта при выполнении требований				
	КПП	ТПП	при изготовлении и монтаже вне предприятия-изготовителя	ТЛО и ТО	при ремонте
Требования к конструкции деталей					
Количество типоразмеров конструктивных элементов деталей и заготовок должно быть минимальным, а размеры их стандартными или унифицированными. Применение нестандартных размеров конструктивных элементов должно быть обосновано	+	+	+	+	+
Размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные точность и шероховатость	-	+	+	-	+
Примечание. Оптимальные точность и шероховатость поверхности - экономически и конструктивно обоснованные					
Физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления (включая процессы упрочнения, коррозионной защиты и пр.), хранения и транспортирования	-	+	+	+	+
Точность и шероховатость базовой поверхности детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля	-	+	+	-	+
Заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства	-	+	+	-	-
Метод изготовления должен предусматривать возможность одновременного изготовления нескольких деталей	-	+	+	-	+
Сопряжения поверхностей деталей различных квалитетов точности и параметров шероховатости должны соответствовать применяемым методам и средствам обработки	-	+	+	-	+

Продолжение табл. I

Содержание требований	Сфера проявления эффекта при выполнении требований				
	КПП	ТПП	при изготовлении и монтаже вне предприятия-изготовителя	ТЛО и ТО	при ремонте
Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения прогрессивных технологических процессов ее изготовления, в том числе безлюдных, типовых, энергосберегающих, малоотходных	-	+	+	-	-

Примечание. Знак "+" означает, что эффект проявляется, знак "-" указывает, что эффекта нет.

I.2.3. При необходимости конструкция деталей должна отвечать требованиям ее обработки на станках с ЧПУ, внедрения роботов, обработки заготовок с применением быстросменных и групповых наладок, а также условиям гибкой производственной системы (ГПС). В этом случае критериями технологичности деталей принимают: назначение, тип зажима, точность обработки средств технологического оснащения, шероховатость обрабатываемых поверхностей и т.п. и форму организации производства.

2. ОЦЕНКА ТКИ

2.I. Виды оценки ТКИ.

2.I.I. Вид оценки характеризует метод сравнения конструктивных решений и обоснованного выбора оптимального варианта конструкции изделия.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть двух видов качественной и количественной.

2.I.2. Качественная оценка характеризует технологичность конструкций обобщенно на основе опыта исполнителя. Качественная

сравнительная оценка вариантов конструкции допустима на всех стадиях проектирования, когда осуществляется выбор лучшего конструктивного решения и не требуется определения степени различия технологичности сравниваемых вариантов.

Качественная оценка при сравнении вариантов конструкции в процессе проектирования изделия предшествует количественной и определяет целесообразность количественной оценки и соответственно затрат времени на определение численных значений показателей технологичности сравниваемых вариантов.

2.I.3. Количественная оценка технологичности конструкции изделия выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции. Количественная оценка технологичности конструкции изделия рациональна только в зависимости от признаков, которые существенно влияют на технологичность рассматриваемой конструкции.

2.2. Методические основы оценки ТКИ.

2.2.I. Цель количественной оценки технологичности разрабатываемой конструкции изделия - обеспечение эффективной отработки изделия на технологичность при снижении затрат средств и времени на ее разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, монтаж вне предприятия-изготовителя, ТЛО, ТО и ремонт.

2.2.2. Необходимость количественной оценки свойств конструкции, характеризующих ее технологичность в целом или раздельно по производственным или эксплуатационным признакам, требует разработки показателей, обязательных и отвечающих задачам анализа конструкции в процессе проектирования при выборе оптимального варианта или совершенствовании условий проведения работ при производстве, эксплуатации и утилизации изделия.

2.2.3. Показатели технологичности проектируемой конструкции определяют в следующих случаях:

для сравнительной оценки вариантов конструкции в процессе проектирования изделия;

для определения уровня технологичности конструкции изделия;

для накопления статистических данных по изделиям-представителям в целях последующего использования при определении базовых показателей и в процессе разработки изделий;

для построения математических моделей с целью прогнозирования технического развития конструкции изделий.

2.2.4. При количественной оценке ТКИ необходимо учитывать следующие факторы:

а) определение показателей технологичности осуществляют в принципиально различных условиях:

до начала проектирования изделия - для определения базовых показателей технологичности, вносимых в техническое задание на разработку изделия;

в процессе проектирования изделия - для сопоставления с базовыми показателями технологичности;

после окончания проектирования изделия - для определения соответствия достигнутых показателей технологичности заданным (базовым);

после проведения работ по совершенствованию условий изготовления, монтажа вне предприятия-изготовителя, ТЛО, ТО и ремонта;

б) состав показателей технологичности, методика и точность их определения изменяются по мере конкретизации конструктивных решений. Точность определения показателей возрастает на каждой стадии проектирования;

в) на ранних стадиях проектирования отработка конструкции и определение показателей технологичности наиболее ответственны;

г) методы расчета показателей технологичности не должны требовать больших затрат труда и времени;

д) количественная оценка технологичности проектируемой конструкции детали проводится по усмотрению разработчика при затратах на изготовление детали, сопоставимых с затратами на сборочную единицу в целом.

2.2.5. В технически возможных и экономически целесообразных случаях принятие решений о введении количественной оценки ТКИ дополняется разработкой решений, позволяющих применять при расчетах вычислительную технику. Требования к организации автоматизированного решения задач оценки технологичности конструкции должны соответствовать ГОСТ I4.40I-83, ГОСТ I4.402-83, ГОСТ I4.403-73, ГОСТ I4.404-73.

2.2.6. При сравнительном анализе вариантов конструкции изделий по показателям технологичности необходимо выполнение следующих условий:

предполагаемые или существующие условия выполнения работ при производстве и эксплуатации должны быть одинаковыми или приведены к одинаковому организационно-техническому уровню;

условия выполнения работ при производстве и эксплуатации должны быть прогрессивными, т.е. отвечать требованиям лучших показателей действующей системы их оценки;

технологические процессы, характерные для организационно-технических условий производства и эксплуатации, должны быть в равной степени прогрессивными;

значения показателей следует определять одним и тем же методом со сравнимой степенью погрешности.

2.2.7. Для сокращения объема работ и времени на оценку технологичности конструкции сборочных единиц составные части классифицируют по конструктивно-технологическим признакам и выделяют от каждой классификационной группы типового представителя, показатели технологичности которого по определенной системе переносят с необходимой степенью точности на группы однотипных конструкций. Принципы классификации составных частей изделий могут быть полностью заимствованы у принятой в отрасли классификации для разработки типовых технологических процессов.

2.3. Методические основы определения показателей ТКИ.

2.3.1. Классификацию показателей ТКИ целесообразно проводить по следующим признакам:

по области проявления (производственные, эксплуатационные, ремонтные);

по системе оценки (базовые, разрабатываемой конструкции, в т.ч. уровень технологичности);

по значимости (основные, вспомогательные);

по количеству характеризуемых признаков (частные, комплексные);

по способу выражения (абсолютные, относительные).

Последующая классификация при необходимости может производиться в развитие указанного деления.

2.3.2. Значения показателей технологичности типовых представителей конструкции изделий определяют с использованием показателей технологичности конструкции аналога или типового представителя ($П_а$) и корректирующих (поправочных, приведенных) коэффициентов ($К_к$):

$$П = П_а \cdot К_к \quad ,$$

где П – показатель технологичности разрабатываемой конструкции изделия.

2.3.3. Корректирующие коэффициенты должны учитывать организационно-технические условия производства ($К_{ор}$), в том числе монтажа вне предприятия-изготовителя, и конструктивно-технологические особенности изделий ($К_{кт}$).

В общем случае:

$$К_к = К_{ор}^{\alpha} \cdot К_{кт}^{\beta} \quad ,$$

где α и β – показатели, учитывающие значимость корректирующих коэффициентов.

К организационно-техническим условиям производства относят: программу выпуска данного изделия; продолжителтность выпуска (степень освоенности); уровень технологической оснащенности производства; тип производства (серийность); планируемый рост производительности труда.

Конструктивные и технологические особенности изделия, определяемые непосредственно на основании конструкторской документации, зависят от вида изделия и могут быть определены только отраслевой НТД. К ним, например, относятся: сложность конструкции изделия; классификационная группа изделия; материальные составляющие конструкции изделия; количество составных частей; обрабатываемый материал и вид заготовки; количество составных частей изделий, транспортируемых с предприятия-изготовителя, и конструкция их соединений.

2.3.4. При определении показателей технологичности по типовым представителям возможно уточнение их по данным накопленного опыта и расчетам после окончания проектирования и разработки технологического процесса, содержащего сведения о трудоемкости изготовления и монтажа вне предприятия-изготовителя, технологическом оснащении, типизации технологических процессов и пр.

2.3.5. Определение числовых значений показателей ТКИ по типовым представителям с помощью корреляционного анализа и корректирующих коэффициентов удобно для применения современной вычислительной техники.

2.3.6. Методы количественной оценки ТКИ выдвигают требования к способам выражения показателей технологичности:

пределы значений относительных частных показателей технологичности должны быть одинаковыми;

числовое значение показателя может быть выражено в процентах к условному конструктивному решению, удовлетворяющему требованиям технологичности на I00 %.

Например, если относительный показатель технологичности К = а/б = 0,85, то требование технологичности конструкции выполнено на 85 %. Если а - масса изделия, б - масса материала, затраченного на его изготовление, то отходы и потери составят I5 %.

Числовые значения относительных частных показателей технологичности (К) определяют по формулам, структура которых обеспечивает установленные пределы показателей:

а) $К = \frac{А}{Б}$ при $А < Б$,

где А - характеризующий фактор; Б - база для сравнения.

Структура расчетной формулы применима, когда увеличению значения характеризующего фактора А соответствует улучшение ТКИ. Например, уровень ТКИ по трудоемкости изготовления:

б) $К = I - \frac{А}{Б}$ при $А < Б$.

Такая структура расчетной формулы относительного показателя технологичности удобна в случаях, когда А или Б представляют алгебраическую сумму и необходимо обеспечить соответствие увеличения показателя улучшению технологичности;

в) $К = \frac{Б}{А}$ при $А > Б$.

$К = \frac{I}{А}$ при Б принятом за I и $А \geqslant I$.

$К = I - \frac{I}{А}$ при Б принятом за I и $А > I$.

Структуры расчетных формул применимы, когда увеличению значения характеризующего фактора А соответствует ухудшение технологичности. Например, уровень ТКИ по унификации применяемых материалов,

2.4. Определение комплексных показателей ТКИ

2.4.I. Обобщение частных показателей ТКИ в один или малое число комплексных показателей ТКИ является важным методическим принципом для количественной оценки.

2.4.2. Комплексные показатели характеризуют определенную группу свойств ТКИ. ТКИ может характеризоваться одним комплексным показателем или несколькими, обобщающими группы частных показателей или характеризующими различные виды технологичности.

2.4.3. Определение комплексных показателей требует предварительного определения сравнительной значимости частных показателей, так как в сравниваемых вариантах отдельные частные показатели могут иметь не только различные числовые значения, но и различную значимость. Значимость частных показателей технологичности зависит от видов изделий, условий выполнения работ и объема производства. Методика определения комплексных показателей учитывает различную значимость входящих частных показателей введением коэффициента значимости. С изменением величины частных показателей, входящих в состав комплексных, коэффициент значимости обеспечивает соответствующее влияние на комплексный показатель. Определение коэффициента значимости может исходить из различных условий:

а) $\sum_{i=1}^{n} K_{i\text{э}} = I$,

тогда $K_{\ell\text{э}} = I - \sum_{i=1}^{\ell-1} K_{i\text{э}} - \sum_{i=\ell+1}^{n} K_{i\text{э}}$.

Например, ТКИ оценивается четырьмя частными показателями технологичности (K_I, K_2, K_3, K_4). Считаем условно, что только эти факторы имеют существенное влияние, например, на трудоемкость данного изделия. По типовому представителю данного изделия (или иным образом) установлено соотношение рассматриваемых показателей:

$K_{Iэ} = 0,5$; $K_{2э} = 0,3$; $K_{3э} = 0,I$; $K_{4э} = 0,I$.

Эти значения могут являться коэффициентами значимости показателей ТКИ.

б) $K_э^{max} = I$.

При этом условии из частных показателей определяют наиболее эффективный, для которого коэффициент значимости $K_э = I$, и имеет максимальное значение. Значение коэффициентов значимости для остальных показателей определяется в сравнении с показателем, для которого принят $K_э^{max} = I$;

$$K_{iэ} = K_э^{max} - \Delta_э = I - \Delta_э \quad ,$$

где $\Delta_э = K_э^{max} - K_{iэ} = I - K_{iэ}$.

Если рассмотреть пример, приведенный в подпункте "а", то $K'_{Iэ} = K_э^{max} = I$. Имевшаяся разница, указанная в подпункте "а", - $\Delta_{2э} = K_{Iэ} - K_{2э} = 0,5 - 0,3 = 0,2$, следовательно, $K'_{2э} = I - \Delta_{2э} = 0,8$; $\Delta_{3э} = 0,5 - 0,I = 0,4$, и, следовательно, $K'_{3э} = I - \Delta_{3э} = 0,6$, и аналогично $K'_{4э} = 0,6$.

Определение коэффициентов значимости способом, указанным в подпункте "б", удобнее, так как легко установить, что из-за малых значений $K_{iэ}$ нецелесообразно их учитывать, а его числовое значение точнее выражает процентное отношение к максимальному значению показателей ТКИ.

2.4.4. Комплексные показатели ТКИ можно определять различными методами:

произведением частных показателей или отношением произведения частных показателей к их количеству или сумме;

среднеарифметической или средневзвешенной величиной частных показателей;

на основе опытных статистических данных по частным показателям методом корреляционного анализа;

баллов, которыми оценивают частные показатели технологичности

для последующего определения комплексного показателя, считая их взаимосвязь строго линейной.

2.4.5. Краткая характеристика методов определения комплексных показателей.

а) Комплексный показатель, выраженный произведением частных показателей, допустим при следующих условиях:

число частных показателей не превышает двух-трех;

зависимость частных показателей от аргументов имеет линейный вид;

значимость одинакова или корректируется дополнительными приведенными коэффициентами:

$$K = (K_I \cdot K_{Iэ}) \cdot (K_2 \cdot K_{2э}) \ .$$

Отношение этого произведения к числу частных показателей $n_к$:

$$K = \frac{(K_I \cdot K_{Iэ}) \cdot (K_2 \cdot K_{2э})}{n_к}$$

или к сумме их:

$$K = \frac{(K_I \cdot K_{Iэ}) \cdot (K_2 \cdot K_{2э})}{K_I \cdot K_{Iэ} + K_2 \cdot K_{2э}} \ .$$

Показатель является условной характеристикой технологичности, поэтому данный метод не рекомендуется для широкого применения.

б) Значение комплексного показателя технологичности, выраженного среднеарифметической или средневзвешенной величиной с учетом значимости принятых частных показателей, наглядно показывает степень отработки на технологичность конструкции изделия. Пределы комплексного, как и частных показателей, которые он обобщает, одинаковы:

$$K = \frac{K_I \cdot K_{Iэ} + K_2 \cdot K_{2э} + \ldots + K_n \cdot K_{nэ}}{K_{Iэ} + K_{2э} + \ldots + K_{nэ}} = \frac{\sum K_i \cdot K_{iэ}}{\sum K_{iэ}} \ .$$

где К - комплексный показатель технологичности; $К_i$ - частный показатель технологичности; $К_{iэ}$ - коэффициент значимости i-го частного показателя.

Метод прост и удобен для механизации расчетных работ.

в) Комплексный показатель технологичности, определенный методом корреляционного анализа, используется, если между частными показателями имеется корреляционная зависимость, устанавливаемая на основе статистических данных. Обычно в качестве комплексного показателя принимается трудоемкость изделия или технологическая себестоимость, которые определяются по уравнению корреляционной зависимости от частных показателей.

г) Комплексный показатель, полученный методом корреляционного анализа статистических данных, может использоваться на стадиях проектирования изделия. Метод является приближенным и требует периодической проверки расчетных уравнений корреляционных зависимостей в соответствии с изменением статистических данных.

д) Комплексный показатель технологичности, определяемый по методу баллов, основан на установленной аналитически и экспериментально линейной (в большинстве случаев) зависимости показателей от многих конструктивно-технологических факторов, в качестве которых принимают отдельные частные показатели.

Величины назначаемых баллов для зависимостей затрат от отдельных частных показателей технологичности обеспечивают пропорциональную зависимость и возможность приведения частных показателей к комплексному. Метод прост и удобен, но требует предварительного обоснования назначаемых баллов. Наличие статистических данных упрощает эту подготовку. Особенно удобен этот метод при небольшом объеме производства (опытное, мелкосерийное).

2.5. Определение базовых показателей ТКИ.

2.5.I. Выбор базовых показателей ТКИ, относительно которых определяется уровень технологичности и организуется весь процесс отработки конструкции изделия на всех стадиях ее разработки, является исходным этапом для отработки конструкции изделия на технологичность. В процессе разработки изделия сравнение вариантов конструкции и отработку на технологичность следует проводить по базовым показателям. Допускается проводить сравнение вариантов и отработку на технологичность дополнительно по показателям, не входящим в состав базовых, но влияющим на технологичность данного изделия.

2.5.2. Определение базовых показателей технологичности конструкции для сборочной единицы обязательно, если она является:

изделием основного производства;

составной частью изделия, проектируемой по отдельному техническому заданию, если она имеет самостоятельное функциональное назначение (например, двигатель, насос, редуктор и пр.) и существенно влияет на технико-экономические показатели качества изделия в целом. При необходимости допускается в техническом задании дополнительно к базовым показателям технологичности конструкции сборочной единицы указывать базовые показатели ее отдельных составных частей. Если качество изделия зависит от технических данных деталей, являющихся составными частями изделия, то по согласованию с разработчиком изделия в техническом задании указывают базовые показатели технологичности конструкции этих деталей. Указание базовых показателей технологичности на самостоятельную деталь в техническом задании обязательно. Самостоятельными являются детали, не входящие в состав других изделий, например, лом, ложка, сверло, фреза и др.

Базовые показатели могут быть частными и комплексными, обобщающими отдельные группы частных показателей или характеризующими

технологичность изделия в целом. Они могут быть абсолютными и относительными.

2.5.3. Для определения базовых показателей за основу принимаются статистические данные о ранее созданных конструкциях, имеющих общие конструктивно-технологические признаки с проектируемой конструкцией, данные аналогов или типовых представителей.

Во всех случаях необходимо учитывать:

отличие проектируемого изделия от выполненных ранее по сложности, оригинальности и перспективности конструкции;

рост производительности труда и снижение энергоемкости за счет совершенствования технологии.

Кроме того, здесь могут учитываться и организационно-технические условия производства, программа и продолжительность выпуска, уровень технологической оснащенности, тип производства (серийность). Для повышения точности определения базовых показателей ТКИ и показателей технологичности представителей классификационных групп составных частей необходимо использовать статистический метод накопления опытных данных (о ранее спроектированных или изготовленных конструкциях) по частным и комплексным показателям технологичности. Наличие статистических данных служит основой для применения наиболее эффективных (по точности и затратам времени и средств) методик определения частных и особенно комплексных показателей технологичности.

2.5.4. Для определения базовых показателей ТКИ могут использоваться методы, применяемые для укрупненного определения трудоемкости и материалоемкости изготовления изделий, изложенные в МР 22-81 и МР 102-83 [3,4].

2.5.5. Выбор основного технического параметра изделия осуществляет разработчик изделия на основе номенклатуры продукции и параметров, наиболее полно характеризующих потребительские качества продукции и связанных с соответствующими затратами (трудовыми,

материальными, энергетическими).

2.6. Определение уровня ТКИ.

2.6.I. Уровень технологичности конструкции изделия ($К_у$) определяется как отношение достигнутого показателя технологичности к значению базового показателя, заданного в техническом задании:

$$К_у = \frac{К}{К_б} .$$

2.6.2. Уровень технологичности может определяться по одному или нескольким частным и комплексным показателям, принятым в качестве критериев оценки технологичности конструкции в техническом задании на изделие.

2.6.3. Уровень технологичности конструкции изделия следует определять по показателям, характеризующим производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность конструкции изделия.

2.6.4. Допустимые пределы значений уровней технологичности соответствуют установленным для базовых показателей.

ПРИЛОЖЕНИЯ (Справочные)

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТКИ

I.I. Определение основных показателей ТКИ

I.I.I. Трудоемкость изделия характеризует количество затраченного труда на его производство и эксплуатацию, определяемое в единицах рабочего времени (чел-ч, нормо-ч).

Трудоемкость изделия по сферам проявления подразделяют на производственную, ТЛО, ТО и ремонта. В соответствии с этим производственная трудоемкость изделия используется для оценки производственной технологичности конструкций, а трудоемкость ТЛО, ТО и ремонта-для оценки соответственно эксплуатационной и ремонтной технологичности конструкций изделий.

Абсолютная трудоемкость изделия (T_a) в изготовлении, монтаже вне предприяти-изготовителя, ТЛО, ТО или ремонте выражается суммой нормо-часов, затраченных на технологические процессы проведения работ в одной из сфер:

$$T_a = \sum T_i \quad ,$$

где T_i - трудоемкость i-й составной части изделия в нормо-часах в какой-либо сфере.

Подсчет трудоемкости изделия (T_a), состоящего из большого числа составных частей (сборочных единиц и деталей), следует вести укрупненно по типовым представителям составных частей изделия. Например, в изготовлении считают по формуле:

$$T_{аи} = \sum T_{ie} \cdot n_{ie} + \sum T_{jд} \cdot n_{jд} + T_{сб} + T_{ис} \quad ,$$

где: $T_{аи}$ - трудоемкость изготовления изделия; T_{ie} - трудоемкость i-й сборочной единицы в изготовлении; $T_{jд}$ - трудоемкость j-й детали (не вошедшей в состав при подсчете T_{ie}) в изготовлении; n_{ie} - количество i-х сборочных единиц; $n_{jд}$ - количество j-х деталей; $T_{сб}$ - трудоемкость изделия в общей сборке; $T_{ис}$ - трудоемкость изделия в испытании.

Относительный показатель трудоемкости изделия определяется как отношение двух величин трудоемкости, числитель которой является частью некой общей трудоемкости, стоящей в знаменателе.

Например, относительная трудоемкость изделия при заготовительных работах ($T_{о.з.р}$) определяется как отношение трудоемкости работ по изготовлению всех видов заготовок к общей трудоемкости изделия в изготовлении:

$$T_{о.з.р} = \frac{T_{з.р}}{T_а} ,$$

где: $T_{з.р} = T_л + T_к + T_ш + \ldots$ - трудоемкость заготовительных работ; $T_л$, $T_к$, $T_ш$, ... - трудоемкость, соответственно, литейных, кузнечных, штамповочных и прочих работ.

Удельная трудоемкость изделия выражает отношение трудоемкости изделия (в производстве, ТО, ремонте и пр.) к номинальному значению основного параметра и применяется для сравнения однотипных объектов, выпускаемых и функционирующих в различных организационно-технических условиях; сопоставление машин различных модификаций позволяет установить, какие изменения внесли в показатели трудоемкости те или иные конструктивные изменения или дополнения. Показатель удельной трудоемкости изделия значительно расширяет диапазон сравнительной оценки конструкций при условии правильного выбора параметра, к которому следует относить величину общей трудоемкости.

Например, удельная трудоемкость ТО и ремонта самолета ($T_{у.э}$) определяется по формуле:

$$T_{у.э} = \frac{\sum T_о + T_{р.и}}{t_и} + \frac{(T_{см} + T_{р.д}) n_д}{t_д (I - K_д)} + \sum_{i=1}^{N} \frac{T_{аi} \cdot n_i}{t_{аi}(I - K_{аi})} ,$$

где: $\sum T_о$ - суммарная трудоемкость всех видов технического обслуживания (определяемая по отраслевой методике для данного вида техники); $T_{см}$ - трудоемкость смены двигателя; $T_{р.и}$, $T_{р.д}$, $T_{аi}$ - трудоемкость капитального ремонта соответственно изделия в целом, двигателя, агрегата; $t_и$, $t_д$, $t_а$ - межремонтные ресурсы работы соответственно изделия в целом, двигателя, агрегата; $K_д$, $K_{аi}$ -

коэффициенты досрочных замен двигателей и агрегатов; $n_д$ - количество двигателей в изделии, например, в самолете; N - количество типов агрегатов, заменяемых в изделии за $t_и$; n_i - количество агрегатов каждого типа в изделии.

Особенности применения трудоемкости в качестве показателя технологичности конструкции.

В соответствии с ГОСТ I4.20I-83 обеспечение технологичности конструкции изделий включает совершенствование условий выполнения работ при производстве и эксплуатации изделий и фиксацию принятых решений в технологической документации. В этой связи следует иметь в виду, что снижение фактической (или расчетной) трудоемкости может быть достигнуто на основе технической реконструкции предприятия, совершенствования технологии и организации производства и эксплуатации, повышения уровня механизации и автоматизации и других мероприятий, не связанных с изменением конструкций изделий, но влияющих на оценку технологичности. Если анализ этих факторов позволяет сделать вывод, что они являются определяющими в величине затрат на изготовление или эксплуатацию изделия, трудоемкость не может применяться в качестве показателя технологичности.

I.I.2. Материалоемкость изделия характеризует количество затраченного материала на производство изделия и его эксплуатацию, определяемое в единицах массы.

Выбор номенклатуры показателей материалоемкости изделий должен обеспечивать, по возможности, всестороннюю ее оценку за счет конкретизации видов используемых материалов (металл, пластмасса, дерево, текстиль и т.д.) и использовать показатели, характеризующие соответствующие материальные затраты. Например, удельный расход драгоценных металлов в изделии.

Материалоемкость изделия по сферам проявления подразделяют на производственную, ТЛО, ТО и ремонта. В соответствии с этим производственная материалоемкость изделия используется для оценки

производственной технологичности, а материалоемкость ТЛО, ТО и ремонта - для оценки соответственно эксплуатационной и ремонтной технологичности.

Унификация материалов оценивается коэффициентом применяемости материала $К_{пр.м_i}$:

$$К_{пр.м_i} = \frac{N_i}{N} ,$$

где N_i - норма расхода данного (i-го) материала на изготовление изделия. Величина N_i может определяться не только для материалов определенной марки и профиля, но и для марок и видов профилей (заготовок) отдельно; N - норма расхода всех материалов на изготовление изделия.

Сумма значений коэффициентов $К_{пр.м_i}$ для всех i-х материалов равна единице:

$$\Sigma К_{пр.м_i} = I .$$

Анализ значений $К_{пр.м_i}$ служит основой для принятия решений по отдельным группам материалов.

Работы, связанные с анализом материалоемкости конструкций по применяемости материалов, должны сочетаться с работами по контролю в конструкторской документации рационального использования ограничительных номенклатур материалов, профилей и размеров проката согласно ГОСТ 2.III-68.

Проверка соответствия достигнутых показателей $К_{пр.м_i}$ заданным (базовым) осуществляется при нормоконтроле. Содержание работ по нормоконтролю дополнительной конкретизации не подлежит, поскольку полностью соответствует ГОСТ 2.III-68.

Для упорядочения работ по снижению материалоемкости изделий следует одновременно с разработкой конструкции в конструкторской организации вести учет применяемости материалов (в журнале унификации, картотеке применяемости и т.п.). Порядок и правила ведения учета применяемости материалов должны устанавливаться отраслевой

НТД.

Показатели материалоемкости должны вводиться в систему показателей технологичности, установленную отраслевыми стандартами, независимо от того, включены ли в систему показателей качества любые другие показатели, отражающие массу изделия.

1.1.3. Энергоемкость изделия характеризует количество затраченных топливно-энергетических ресурсов на изготовление, монтаж вне предприятия-изготовителя, ТЛО, ТО, ремонт или утилизацию.

Показатели энергоемкости различают в зависимости от сферы проявления ТНИ и вида потребляемых топлива и энергии, например, электроемкость изделия в изготовлении, затраты топлива при утилизации.

Энергоемкость изделия (Э) определяют сферой проявления технологичности по формуле:

$$Э = \sum_{i}^{n} \sum_{j}^{m_i} (Э_{ij}^{(1)} + Э_{ij}^{(2)} - Э_{вт\,ij}) ,$$

где: n - количество сборочных единиц в изделии; m_i - количество деталей (составных частей) в i-й сборочной единице; $Э_{ij}^{(1)}$ - количество расходуемого топлива и энергии на j-ю деталь i-й сборочной единицы; $Э_{ij}^{(2)}$ - количество расходуемых вторичных энергетических ресурсов на j-ю деталь i-й сборочной единицы, поступающих от других технологических процессов; $Э_{вт\,ij}$ - количество вторичных энергетических ресурсов, используемых за пределами данного технологического процесса.

Определение энергоемкости изделия следует проводить, суммируя затраты топлива и (или) энергии по линии последовательного сочетания и укрупнения элементов технологических процессов (операция - деталь - изделие).

В отдельных технически обоснованных случаях допускается оценивать технологичность по удельным показателям энергоемкости, модель расчета которых разрабатывают в конкретных случаях в зависимости от вида техники, условий ее производства и эксплуатации.

При расчете значений энергоемкости изделия следует учитывать расход топлива и энергии только на выполнение технологического процесса.

Исходными данными для определения показателей энергоемкости являются:

нормативы расхода топлива и энергии на единицу продукции (работы) машины, механизмов, установок, используемых в технологических процессах изготовления изделий;

расчетные или экспериментально установленные энергобалансы технологического оборудования (установок);

технологическая документация;

передовой опыт отечественных и зарубежных предприятий, выпускающих аналогичные изделия;

непосредственные замеры расхода топлива и (или) энергии по отдельным операциям, режимам работы технологического оборудования.

При сравнительном анализе конструкции изделия по затратам топлива и энергии необходимо, чтобы сравниваемые варианты имели примерно равные показатели трудоемкости изделия и его материалоемкости во всех сферах проявления технологичности.

Для изделий, разрабатываемых впервые и при отсутствии опыта производства аналогичных изделий, энергоемкость определяется по результатам непосредственных измерений или расчетам на стадии разработки рабочей документации опытного образца или установочных серий.

I.I.4. Себестоимость изделия отражает количество затрат труда, материалов и топливно-энергетических ресурсов на производство и эксплуатацию изделия. Себестоимость изделия - важный обобщающий показатель качества.

Для оценки ТКИ следует пользоваться показателем технологической себестоимости ($C_т$)*), определенной суммой затрат на единицу изделия при осуществлении технологического процесса изготовления изделия, монтажа вне предприятия-изготовителя, процессов его ТЛО, ТО или ремонта.

Технологическая себестоимость изделия при изготовлении, монтаже вне предприятия-изготовителя, ТЛО, ТО и ремонте рассчитываются раздельно, соответственно сферам проявления.

I.2. Определение вспомогательных показателей ТКИ

I.2.I. Показатели унификации конструкции изделия.

Номенклатура и методы определения показателей унификации конструкции изделия должны соответствовать нормативно-технической документации (государственной, отраслевой, предприятия) по унификации изделий .

I.2.I.I. Коэффициент унификации конструктивных элементов.($K_{у.э}$) определяют по формуле:

$$K_{у.э} = \frac{Q_{у.э}}{Q_э},$$

---

*)Понятие "технологическая себестоимость" характерно для процесса изготовления изделия. При ТЛО, ТО и ремонте принято говорить об эксплуатационных расходах и стоимости, рассчитываемых по той же обобщенной формуле.

где $Q_{у.э}$ - число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов; $Q_э$ - число типоразмеров конструктивных элементов в изделии.

Признаки, по которым констуктивный элемент может считаться унифицированным, должны быть установлены в зависимости от вида изделия, программы выпуска и других факторов отраслевой нормативно-технической документацией. Например, для деталей: а) номенклатура и размеры соответствуют ограничениям государственных или отраслевых стандартов, принятых в отрасли или на предприятии; б) количество одинаковых размеров конструктивных элементов должно быть не менее 50 %. Для сборочных единиц: сборочная единица целиком или ее составные части были ранее спроектированы или освоены в производстве.

Примерами конструктивных элементов изделия являются резьбы, крепления, галтели, фаски, проточки, отверстия и т.п.

Целесообразность повышения $К_у$ должна решаться в каждом конкретном случае.

I.2.2. Коэффициент применения типовых технологических процессов ($К_{тп}$) определяется как отношение числа типовых технологических процессов изготовления (ТЛО, ТО, ремонта) к общему числу применяемых при этом технологических процессов:

$$К_{тп} = \frac{Q_{тп}}{Q_п} .$$

I.2.3. Показатели обработки.

I.2.3.I. Коэффициент точности обработки ($К_{тч}$) определяется по формулам:

а) $$К_{тч} = I - \frac{I}{A_{ср}} = I - \frac{\sum n_i}{\sum A \cdot n_i} ,$$

де: $A_{ср} = \frac{\sum A \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{n_I + 2n_2 + 3n_3 + \ldots}{n_I + n_2 + n_3 + \ldots}$ – средний квалитет обработки изделия;

– квалитет обработки; n_i – число размеров соответствующего квалитета.

Примечание. Допустимо n_i определять как число деталей, для оторых данный квалитет является преобладающим.

б) $$K_{тч} = I - \frac{Д_{тч}}{Д},$$

де: $Д_{тч}$ – количество деталей (без учета крепежа), квалитет точности оторых не выше десятого; Д – общее количество деталей в изделии.

I.2.3.2. Коэффициент шероховатости поверхности ($K_ш$) определяется о формуле:

$$K_ш = I - \frac{I}{Б_{ср}},$$

де: $Б_{ср}$ – среднее числовое значение параметра шероховатости деталей зделия;

$$_{ср} = \frac{\sum Б \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{I00 \cdot n_{I00\ldots} + I0 \cdot n_{I0\ldots} + 0{,}I00 \cdot n_{0{,}I00\ldots} + 0{,}008 \cdot n_{0{,}008}}{n_{I00\ldots} + n_{I0\ldots} + n_{0{,}I00\ldots} + n_{0{,}008}},$$

– числовое значение параметра шероховатости (предпочтительно по раметру R_a); n_i – число поверхностей с соответствующим числовым начением параметра шероховатости; i – индекс, соответствующий исловому значению параметра шероховатости (например, по параметру a согласно ГОСТ 2789-73).

Примечание. Допустимо n_i определять как число деталей, для торых данное числовое значение параметра шероховатости является

преобладающим.

I.2.4. Коэффициент сборности ($К_{сб}$) определяется как отношение числа специфицируемых составных частей изделия (равное числу сборочных единиц) к общему числу его составных частей

$$К_{сб} = \frac{Е}{Е + Д} .$$

I.2.5. Для оценки ТИИ, обрабатываемых на станках с ЧПУ в условиях гибких производственных систем (ГПС), используют показатели:

удельные затраты на вспомогательные работы ($С_у$);

трудоемкость обработки резанием (вида процесса изготовления);

коэффициент унификации конструктивных элементов.

Показатель $С_у$ определяется по формуле

$$С_у = \frac{С_{общ}}{П_г} ,$$

где $С_{общ}$ - затраты, связанные с переналадкой станков, загрузочно-разгрузочных устройств, измерительных машин, выполнением транспортных операций, затраты на программирование и на технологическое оснащение, руб.; $П_г$ - годовая производственная программа, шт.

Обработка на станках с ЧПУ в условиях ГПС целесообразна при удельныхъ затратах на вспомогательные работы меньших, чем на станках с ручным управлением.

I.2.6. Показатели монтажной технологичности.

I.2.6.I. Коэффициент заводской готовности изделия ($К_{з.г}$) рассчитывается по формуле

$$К_{з.г} = \frac{Т_{об}}{Т_{об} + Т_{сб.м}} ,$$

где: $T_{сб.м}$ - трудоемкость сборочных процессов при монтаже, включая укрупненную сборку и пригоночно-доделочные процессы; $T_{об}$ - трудоемкость основных процессов при монтаже изделия в полностью собранном виде.

I.2.6.2. Коэффициент заводской сборки ($К_{з.с}$) рассчитывается по формуле:

$$К_{з.с} = \frac{T_{з.с}}{T_{з.с} + T_{сб.м}},$$

где $T_{з.с}$ - трудоемкость заводской сборки изделия; $T_{сб.м}$ - трудоемкость сборочных процессов при монтаже изделия.

Численные значения $T_{з.с}$ представляют предприятия-изготовители.

I.2.6.3. Коэффициент сложности стыков ($К_{ст}$) определяется с учетом главного требования к технологичности стыка при монтаже - возможности безвыверочной, беспригоночной и механизированной сборки - по формуле:

$$К_{ст} = \frac{E_{мс}}{E_{ст}},$$

где: $E_{мс}$ - количество монтажных стыков, которые удовлетворяют требованиям указанной сборки; $E_{ст}$ - общее количество монтажных стыков.

I.2.7. Показатели обслуживания.

I.2.7.I. Коэффициент доступности ($К_{д}$) определяется по формуле:

$$К_{д} = I - \frac{T_{доп}}{T_{доп} + T_{осн}},$$

где: $T_{доп}$ - трудоемкость дополнительных работ; $T_{осн}$ - трудоемкость основной работы, например, регулировочной, контрольной.

I.2.7.2. Коэффициент легкосъемности ($К_л$) определяется по формуле:

$$К_л = I - \frac{\Delta T_{д.м.э}}{T_{д.м}},$$

где: $\Delta T_{д.м.э}$ - превышение трудоемкости демонтажно-монтажных работ в сравнении с нормой; $T_{д.м}$ - трудоемкость демонтажно-монтажных работ.

I.2.7.3. Коэффициент контролепригодности ($К_к$) определяется по формуле:

$$К_к = I - \frac{\sum_{i=1}^{m} T_i K_i}{\sum_{i=1}^{n} T_i K_i + \sum_{j=1}^{m} T_j K_j},$$

где: T_i - трудоемкость разового контроля технического состояния i-й составной части изделия, не требующего демонтажа; K_i - частота контроля i-й составной части за определенный период; n - число составных частей изделия, не требующих демонтажа для контроля технического состояния; T_j - трудоемкость разового контроля технического состояния составной части изделия, требующего снятия с изделия, демонтажа и последующего монтажа; K_j - частота контроля j-й съемной составной части изделия за определенный период; m - число составных частей изделия, требующих обязательного снятия для контроля технического состояния.

I.2.7.4. Коэффициент смазки ($К_{см}$) определяется по формуле:

$$К_{см} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{m} n_{ji} \cdot q_{ji} \cdot T_{ji}}{t_м},$$

где: N - число узлов, подлежащих смазке; q_{ji} - частота смазки точек j-й группы i-го узла за $t_м$; m - число групп точек смазки в i-м узле; n_{ji} - число точек смазки

j-й группы i-го узла за $t_м$; T_{ji} - трудоемкость смазки точек j-й группы i-го узла; $t_м$ - межремонтный срок службы изделия.

I.2.7.5. Коэффициент подгонки определяется по формуле:

$$K_п = I - \frac{T_{подг}}{T_{подг} + T_{д.м}},$$

где $T_{подг}$ - трудоемкость подгоночных работ; $T_{д.м}$ - трудоемкость демонтажно-монтажных работ.

2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНОГЛАСИЙ КАЧЕСТВЕННЫХ ОЦЕНОК *)

Источником объективной оценки ТКИ на узловых этапах ее создания может быть коллективная экспертиза проекта конструкции изделия на технологичность с использованием методов статистической обработки мнений специалистов по разработке и изготовлению. Такая оценка может быть вероятным прогнозом для принятия научно обоснованного решения и эффективного управления разработкой изделия, так как позволяет оценить структуру и существенные переменные во взаимосвязи с различными факторами технологичности.

Этот метод применяется наряду с физическим и математическим моделированием в тех случаях, когда названные методы не могут быть непосредственно использованы на первых этапах исследования из-за недостатка информации или в силу ее качественного характера.

Метод экспертных оценок позволяет концентрировать опыт конструкторов и технологов, придать ему количественную, математическую систематизированную форму. При решении этой задачи целесообразно использовать известные методы экспертных оценок.

Использование метода экспертных оценок позволяет:

оценить структуру, взаимосвязь и весовые характеристики;

провести ранжировку отдельных факторов технологичности, т.е. построить системно-информационную модель технологичности конструк-

*) Метод разработан А.П.Адамовым, ДагПТИ

ции изделия;

получить информацию, необходимую для организации системы управления отработкой конструкции изделия на технологичность.

Схема процесса оценки взаимосвязи факторов технологичности и их ранжирования представлена на рис. I.

В основу разработки методики управления отработкой конструкции изделия на технологичность положен принцип минимизации разногласий в оценках экспертов-представителей разработчика и изготовителя.

В качестве основного показателя по оценке уровня ТКИ принят приведенный коэффициент разногласий экспертов, определяемый по формуле:

$$K_{пр_j} = \frac{|\Psi_j^{Кн} - \Psi_j^{Тх}|}{\bar{\Psi}_0},$$

где: $K_{пр_j}$ - приведенный коэффициент разногласий по j-му фактору технологичности, j = I, 2, 3 ... n - номер фактора; n - общее число оцениваемых факторов; $\Psi_j^{Кн}$, $\Psi_j^{Тх}$ - коэффициенты значимости j-го фактора технологичности, вычисленные по экспертным оценкам конструкторов (индекс Кн) и технологов (индекс Тх); $\bar{\Psi}_0$ - усредненный минимальный уровень разногласий, который определяется:

$$\bar{\Psi}_0 = \frac{\sum_{i=m}^{n} (\Psi_i^{Кн} - \Psi_i^{Тх})}{n - m},$$

где: $\Psi_i^{Кн}$, $\Psi_i^{Тх}$ - коэффициенты значимости, определяемые для малозначащего по уровню разногласий i-го фактора, значения которого могут группироваться по шкале n неравномерно $i = m, m+1, m+2 \ldots n$; m - номер первого из малозначащих по уровню разногласий факторов.

Таким образом, процесс отработки конструкции изделия на технологичность заключается в проведении экспертных опросов конструкторов и технологов, вычислении приведенных коэффициентов разногласий для отдельных факторов и доработке конструкции до получения минимально возможных значений $K_{пр}$, которые не должны превышать

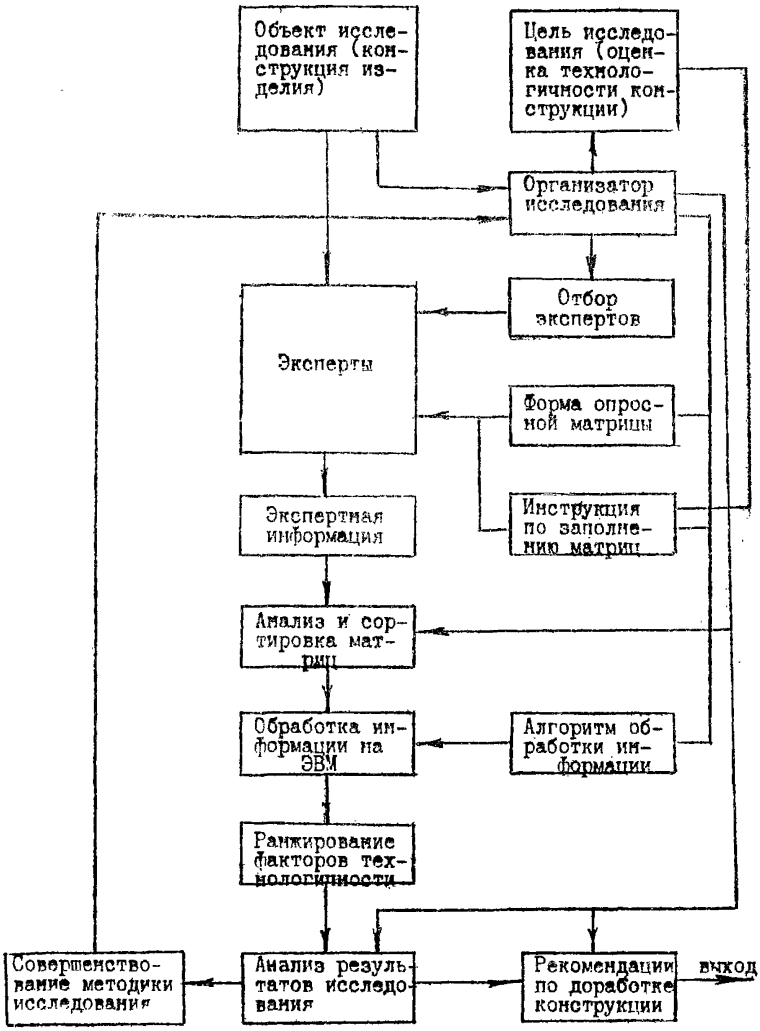


Рис. I. Схема процесса оценки ТКИ методом экспертных оценок

некоторого принятого уровня допустимых значений $К^{д}_{пр}$. Процесс отработки должен проводиться в несколько циклов (не менее, чем в два цикла по результатам первой и второй экспертиз). Алгоритм отработки конструкции изделия на технологичность с использованием принципа минимума разногласий экспертных оценок придставлен на рис. 2.

Разногласия экспертных оценок побуждают к совместной работе разработчиков и изготовителей именно по тем элементам, для которых получено большое значение приведенного коэффициента разногласий. Отработка заканчивается достижением допустимого уровня разногласий. В процессе экспертизы I вскрываются "узкие места" конструкции изделия и технологии изготовления, т.е. конкретные технические вопросы, по которым не достигнуто взаимоприемлемого компромисса экспертов в оценке технологичности и которые нуждаются в доработке. Экспертиза 2 позволяет определить меру отрабстанности конструкции изделия на технологичность с использованием результатов экспертизы I и наметить конкретные пути как по устранению разработчиком оставшихся замечаний к конструкции, так и по освоению изготовителем новой технологии и проведению других технических мероприятий, не исключая помощи в этом разработчика.

На рис. 3 сплошной линией показан процесс отработки технологичности по основным этапам разработки и производства при использовании числовых критериев.

Уровень технологичности нарастает постепенно от этапа к этапу создания изделия, приближаясь к уровню, заданному системой базовых показателей. Пунктирной линией показан процесс отработки конструкций изделия на технологичность группами конструкторов и технологов с использованием принципа минимума разногласий. В этом случае отработка идет обычным путем до момента проведения экспертизы I (точка А) и экспертизы 2 (точка С). В этих точках наблюдается резкий подъем уровня технологичности в связи с тем, что про-

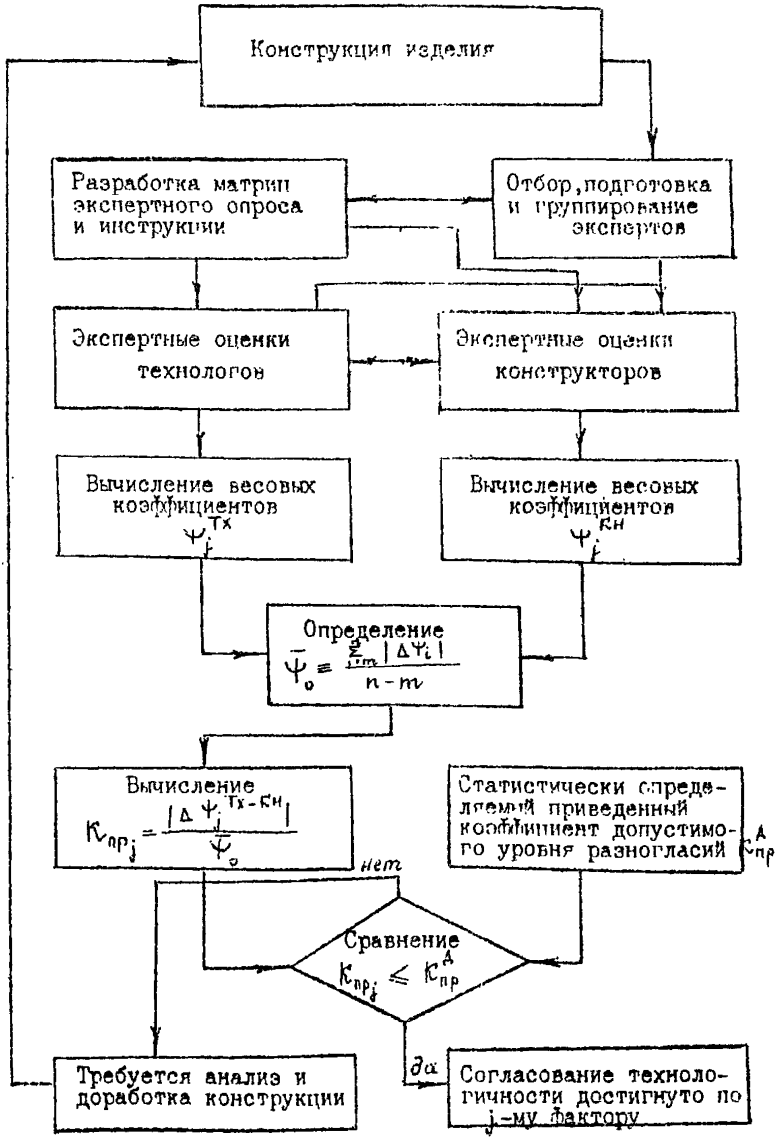


Рис. 2. Алгоритм отработки конструкции изделия на технологичность с использованием принципа минимума разногласий экспертов

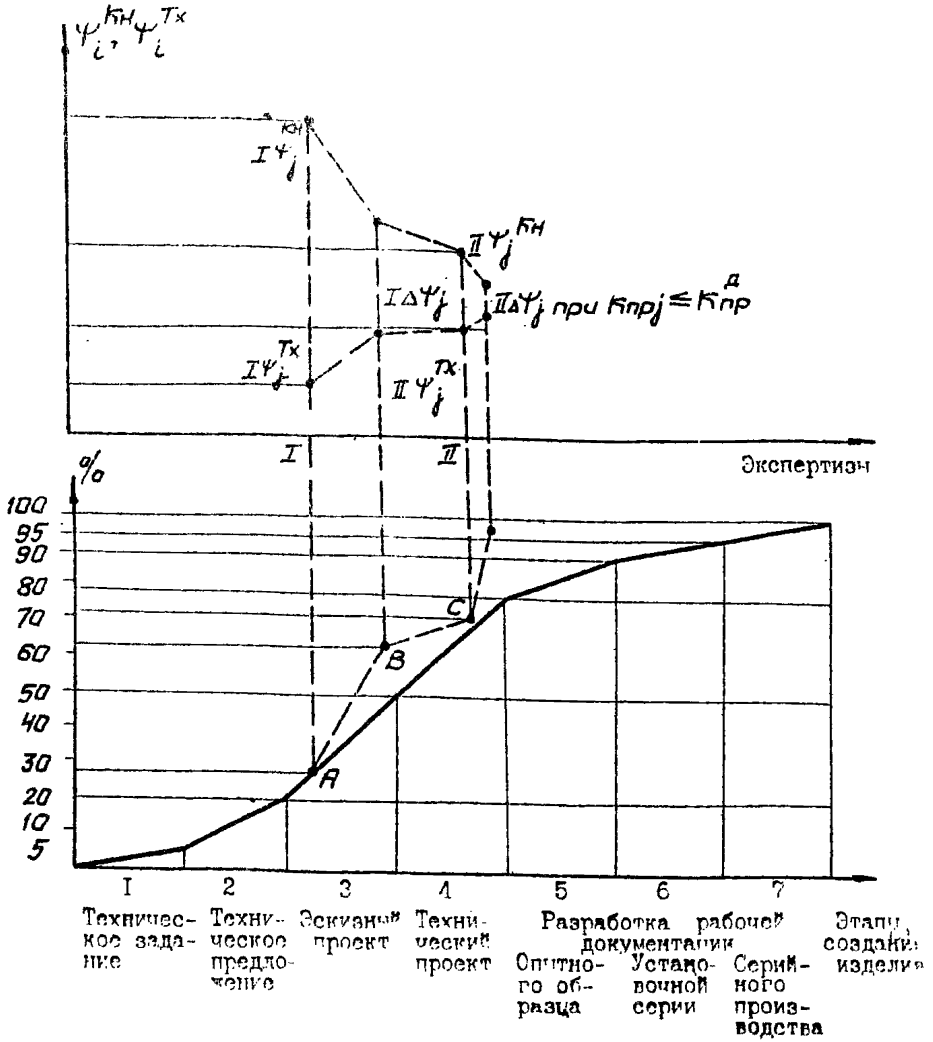


Рис.3. Процесс отработки конструкции изделия на технологичность с использованием экспертных оценок

цедура экспертизы концентрирует направление усилий большого количества высококвалифицированных специалистов на выявление нетехнологичных решений в конструкции и технологии и их доработку. Процесс отработки при этом ускоряется, а общий уровень технологичности создаваемого изделия быстрее достигает значений базового показателя.

Существенно в процессе не то, что после каждой экспертизы $\Psi_j^{тн}$ и $\Psi_j^{тх}$ изменяют свои абсолютные значения, а то, что уменьшается относительное разногласие экспертов в оценках технологичности - $\Delta\Psi_j$, и в точке D между ними практически достигается компромисс, удовлетворяющий и разработчика и изготовителя. Естественно, что при этом вероятность появления требований на изменение конструкции в процессе освоения и серийного производства должна быть минимальной.

Методика управления отработкой конструкции изделия на технологичность с использованием разногласий экспертных оценок включает два этапа:

оценка и ранжировка факторов технологичности конструкции изделия и отработка методики исследования;

разработка методики использования полученной управляющей информации для отработки технологичности конкретного изделия.

В качестве объекта исследования выбирается группа изделий, являющихся типичными представителями исследуемой группы. Разрабатывается специальная анкета-матрица экспертных оценок и составляется инструкция по ее заполнению. Матрица, фрагмент которой приведен на рис. 4, включает входные и выходные факторы технологичности. Заполнение матриц проводится путем использования двоичной системы оценки наличия (I) и отсутствия (0) взаимосвязи входных факторов на выходные и друг на друга. Для ранжировки влияния входных факторов на общую технологичность изделия указанного типа в матрицу введена колонка "Присвоенное место", в кото-

I. Фамилия, И.,О. 2. Специальность 3. Отдел 4. Стаж работы 5. Отношение к изделию (разрабатывал, модернизировал, подавал рацпредложения и др.) 6. Степень знакомства с изделием (знаю хорошо, знаком в общих чертах) 7. Дата заполнения			Наименование факторов	Оригинальность конструктивных решений	Конструкция шасси	Конструкция экранов	Разъемные соединения	
№№ п/п	Присв. место	Наименование фактора		X_{01}	X_{02}	X_{03}	X_{04}	
I.		Оригинальность конструктивных решений	X_{01}	I				
2.		Конструкция шасси	X_{02}		I			
3.		Конструкция экранов	X_{03}			I		
4.		Разъемные соединения	X_{04}				I	
5.		Регулировочные элементы	X_{05}					I
6.		Материал деталей из металла	X_{06}					
7.		Термообработка деталей	X_{07}					
8.		Квалификация регулировщиков	X_{08}					
9.		Трудоемкость	X_{09}					
I0.		Материалоемкость (материал, сырье)	X_{I0}					

Рис. 4. Фрагмент информационной матрицы

рой эксперт расставляет порядковые номера факторов в зависимости от степени их влияния. Обработка массива информации проводится на ЭВМ по алгоритму, представленному на рис. 5.

Относительная значимость фактора определяется также по колонке "Присвоенное место":

$$\Psi_i = \frac{1}{\bar{n}_i}$$

при $$\bar{n}_i = \frac{\sum_{i=1}^{z} n_i}{z},$$

где $\sum_{i=1}^{z} n_i$ – сумма мест, присвоенных i-му элементу колонки в z матрицах; z – количество матриц.

На следующем этапе проводится обобщенная ранжировка факторов технологичности для типового изделия. После обработки информации на ЭВМ определяется $\Psi_i^{КН+ТХ}$ и ранжировка по результатам обобщения мнений всех экспертов. Затем определяются значения $\Psi_i^{КН}$ и $\Psi_i^{ТХ}$ отдельно групп конструкторов и технологов.

Дальнейшим этапом является реализация методики управления процессами отработки конструкции изделия на технологичность ряда конкретных изделий на этапе разработки. Здесь необходимо установить некоторый допустимый уровень ($K_{пр}^{д}$), при котором технологичность рассматриваемой конструкции будет удовлетворительной по мнению и разработчиков, и изготовителей, и выбрать некоторый критерий эффективности управления процессом отработки.

В качестве основной оценки эффективности применения разработанной методики принимается количество и сложность замечаний при приемке изготовителем конструкторской документации у разработчика после ее доработки по результатам второй экспертизы, а также объем потока извещений на изменения конструкции в процессе освоения и серийного выпуска изделий.

Первая экспертиза технологичности конструкции была проведена за три месяца до технической приемки изготовителем

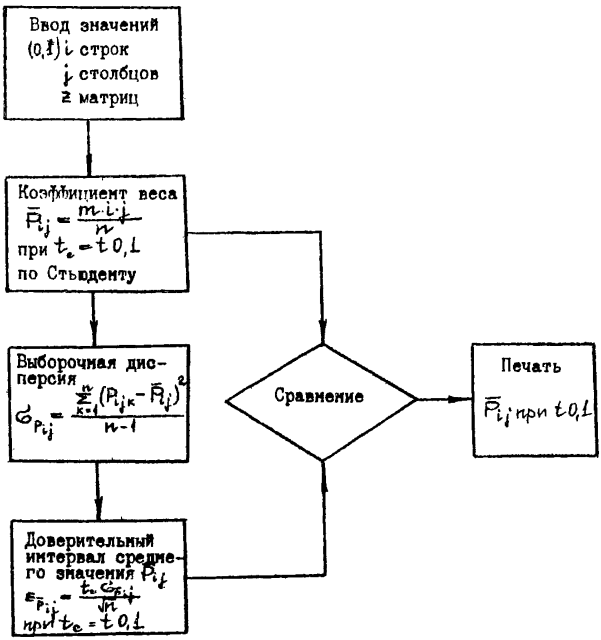


Рис. 5. Алгоритм обработки экспертной информации

конструкторской документации у разработчика. По окончании экспертизы представители разработчика были ознакомлены с ее результатами и провели доработку конструкции по замечаниям представителей изготовителя. В процессе технической приемки изготовителем конструкторской документации у разработчика была проведена вторая экспертиза. К этому времени разработчик в значительной мере устранил ранее выявленные в конструкции первой экспертизой нетехнологичные решения. Результаты второй экспертизы показали существенное повышение общего уровня технологичности конструкции изделия. Предметом разногласий на этот раз были вопросы, практически не требующие существенных изменений конструкции. Например, они касались регулировки изделия; замены материалов на уже применяемые изготовителем и более дешевые; приведения конструкторской документации в соответствие с НТД; уточнения размеров, замены покрытий, устранения текстовых ошибок. Представители изготовителя признали необходимой работу над освоением и внедрением ряда новых технологических процессов, укомплектования метрологического парка новыми приборами и т.п. Как показали результаты исследований потока изменений конструкторской документации, их объем оказался значительно меньше по сравнению с аналогичными, уже освоенными изделиями. При этом существенно то, что в потоке извещений отсутствовали требования на изменения конструкции, которые влекли бы за собой значительные изменения в технологическом оснащении. Снизились также требования на изменения конструкции по причинам: замены комплектующих, необходимости повышения уровня унификации, необходимости упрощения конструктивных решений.

Анализ результатов применения методики показал достаточно точное соответствие взаимосвязей факторов технологичности с реально существующими производственными проблемами и позволил сделать вывод, что каждое оцениваемое на технологичность изделие должно иметь свой индивидуальный график разногласий, который в процессе

отработки конструкции изделия на технологичность имеет тенденции к сглаживанию, т.е. $K_{пр_i} \to \Psi_o$. Анализ содержания доработок конструкции, проводимых разработчиком по результатам экспертиз, свидетельствует о достаточно высоком (75-80 %) уровне достоверности информации, полученной экспертным путем.

3. ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ И СПРАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТКИ

1. ГОСТ I4.20I-83,
2. ГОСТ I4.205-83,
3. МР 22-8I "Расчет основных показателей технологичности конструкций изделий". - м., ВНИИНМАШ, I98I.
4. МР I02-83 "Оценка монтажной технологичности конструкции изделий". -М., ВНИИНМАШ, I983.
5. МР I05-84 "Отработка конструкции деталей на технологичность методами математического моделирования производства". -М., ВНИИНМАШ, I984.
6. МР II0-84 "Отработка конструкции сборочных единиц на технологичность методами математического моделирования производства". -М., ВНИИНМАШ, 1984.
7. Технологичность конструкций изделий: Справочник, под ред. Ю.Д.Амирова. -М., Машиностроение, I985.

Содержание

стр.

I. Требования к ТКИ 3
I.I. Общие требования 3
I.2. Требования к конструкции сборочных единиц и деталей 6
2. Оценка ТКИ II
2.I. Виды оценки ТКИ II
2.2. Методические основы оценки ТКИ I2
2.3. Методические основы определения показателей ТКИ ... I5
2.4. Определение комплексных показателей ТКИ I8
2.5. Определение базовых показателей ТКИ 22
2.6. Определение уровня ТКИ 24
Приложения (справочные):
I. Определение показателей ТКИ 25
I.I. Определение основных показателей ТКИ 25
I.2. Определение вспомогательных показателей ТКИ 3I
2. Методика оценки технологичности конструкции изделия с использованием разногласий качественных оценок ... 38
3. Перечень нормативно-технических и справочных материалов, применяемых при обеспечении ТКИ ..... 5[illegible]

Обеспечение технологичности конструкции изделий машиностроения и приборостроения

Методические рекомендации МР 186-85

Редактор Трайнин А.И.

Мл.редактор Еремеева Т.В.

Худ.редактор Синюкова В.С.

ВНИИНМАШ Госстандарта

Ротапринт ВНИИНМАШ 123007, г.Москва, ул.Шеногина, 4

Подписано к печати 20.II.85. Л-86493 Заказ № 6171-85-I

Тираж 724 экз. Объем 2 уч.-изд.л. Цена 50к.

gost.e-ecolog.ru