

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Цифровое проектирование»

КАЧЕСТВЕННАЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЯ

Методические указания

к выполнению практической работы по дисциплине
«Технологичность конструкции машины как объекта производства»
для студентов направления подготовки
27.04.01 «Стандартизация и метрология»
по направлению профиля «Обратный инжиниринг»
всех форм обучения

Севастополь
СевГУ
2023

УДК 621.01:519.248(076.5)
ББК 34.5:30.607я73
К30

Р е ц е н з е н т :

А.Ю. Тараховский — канд. техн. наук,
доцент кафедры «Цифровое проектирование»

Составитель : Ю.О. Стреляная

К30 **Качественная и количественная оценка технологичности изделия :**
методические указания к выполнению практической работы по дисциплине «Технологичность конструкции машины как объекта производства для студентов направления подготовки 27.04.01 «Стандартизация и метрология» по направлению профиля «Обратный инжиниринг» всех форм обучения / Севастопольский государственный университет, Политехнический институт, кафедра «Цифровое проектирование»; сост. Ю. О. Стреляная. – Севастополь: СевГУ, 2023. – 19 с.

Содержат цель и содержание практической работы, общие сведения по вопросам обеспечения технологичности изделий машиностроения на всех этапах жизненного цикла.

Во втором разделе приведены указания к выполнению практической работы.

Методические указания разработаны для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению профиля «Обратный инжиниринг», изучающих дисциплину «Технологичность конструкции машины как объекта производства» всех форм обучения.

УДК 621.01:519.248(076.5)
ББК 34.5:30.607я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Цифровое проектирование» в качестве методических указаний для студентов направления подготовки 27.04.01 «Стандартизация и метрология», изучающих дисциплину «Технологичность конструкции машины как объекта производства» всех форм обучения, протокол № 6 от 27 февраля 2023 г.

© Стреляная Ю.О., сост., 2023
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	4
2. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	4
3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	16
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ	16
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	18
НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	19

ВВЕДЕНИЕ

Подобно тому, как одним из основных «свойств» техника или инженера-технолога является его «техническая грамотность» и рациональность предлагаемых технических решений, одним из основных свойств любого изделия является технологичность. В условиях конкуренции между предприятиями в машиностроении и приборостроении именно технологичность выпускаемой продукции определяет её себестоимость, а значит, создаёт предпосылки для долговременной и успешной хозяйственной деятельности предприятия.

Совершенство конструкции машины характеризуется ее соответствием современному уровню техники, экономичностью и удобством в эксплуатации, а также использованием наиболее экономичных и производительных технологических методов ее изготовления применительно к заданному выпуску и условиям производства. Конструкцию машины, в которой эти возможности полностью учтены, называют технологичной.

Согласно ГОСТ 14.205-83, технологичность – это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ.

В ГОСТ 14.201-83 отмечается, что обеспечение технологичности конструкции изделия – функция подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе и монтаж вне предприятия-изготовителя (далее – производство), техническое обслуживание и ремонт изделия.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Цель работы – ознакомить студентов с методиками оценки технологичности конструкции детали в машиностроении, углубление теоретических знаний, полученных на лекции при изучении дисциплины «Технологичность конструкции машины, как объекта производства»

Основные задачи работы:

1. Ознакомить студентов с методиками оценки технологичности конструкции детали в машиностроении.
2. Ознакомить студентов с разделом ЕСКД «Обеспечение технологичности конструкции изделий» (ГОСТ 14.201-83 и др.)
3. Выполнить количественную оценку технологичности.

2. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Оценка технологичности конструкции изделия (ТКИ) представляет совокупность взаимосвязанных мероприятий по выявлению ее отдельных или целостных свойств, их сопоставлению со свойствами изделия, конструкция которо-

го принята в качестве базы для сравнения, и представление результатов сопоставления в форме, приемлемой для принятия управленческих решений по совершенствованию конструкции разрабатываемого изделия.

Обеспечение технологичности конструкции изделия — это комплексная задача, включающая в себя несколько видов деятельности, в том числе:

1) отработку конструкции изделий на технологичность на всех стадиях разработки изделия, при технологической подготовке производства и, в обоснованных случаях, при изготовлении изделия;

2) совершенствование условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте изделий и регистрацию принятых решений в технологической документации;

3) количественную оценку технологичности конструкции изделий;

4) технологический контроль конструкторской документации;

5) подготовку и внесение изменений в конструкторскую документацию по результатам технологического контроля, обеспечивающих достижение базовых значений показателей технологичности.

При отработке конструкции изделия на технологичность учитывают:

1) вид изделия, степень его новизны и сложности, условия изготовления, монтажа, технического обслуживания и ремонта;

2) перспективность изделия, объём его выпуска;

3) опыт предприятия-изготовителя и других предприятий с аналогичным производством, высокопроизводительные методы и процессы изготовления;

3) условия конкретного производства при использовании имеющихся средств технологического оснащения и производственных площадей;

4) связь достигнутых показателей технологичности с другими показателями качества изделия.

Изделие может быть простым, то есть состоящим из одной детали, но в большинстве случаев в машиностроении создаются сложные изделия, представляющие собой совокупность оригинальных деталей, унифицированные и стандартные изделия. Поэтому для оценки уровня технологичности изделия учитывают не только технологичность его составных частей, но также технологичность сборки, испытаний, монтажа изделия за пределами предприятия, технологичность технического обслуживания и ремонта (по ГОСТ 14.201).

Отработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать решение следующих основных задач:

1) снижение трудоёмкости и себестоимости изготовления изделия и его монтажа вне предприятия-изготовителя;

2) снижение трудоёмкости, стоимости и продолжительности технического обслуживания и ремонта изделия;

3) снижение составляющих общей материалоемкости изделия — расхода материалов и топливно-энергетических ресурсов при изготовлении, монтаже вне предприятия-изготовителя, техническом обслуживании и ремонте.

Комплекс работ по снижению трудоемкости и себестоимости изготовления изделия и его монтажа вне предприятия-изготовителя включает:

- 1) повышение серийности (годовой программы выпуска) изделия и его составных частей при изготовлении (обработка, сборка, испытания) посредством стандартизации, унификации и обеспечения конструктивного подобия;
- 2) ограничение номенклатуры составных частей, конструктивных элементов и применяемых материалов;
- 3) применение в разрабатываемых конструкциях освоенных в производстве конструктивных решений, соответствующих современным требованиям;
- 4) применение высокопроизводительных и малоотходных технологических решений, основанных на типизации процессов и других прогрессивных формах их организации;
- 5) применение высокопроизводительных стандартных средств технологического оснащения, обеспечивающих оптимальный уровень механизации и автоматизации труда в производстве;
- 6) использование конструктивных решений, позволяющих снизить затраты на обеспечение монтажа и демонтажа изделия;
- 7) использование конструктивных решений, обеспечивающих возможность транспортирования изделия в собранном виде или в виде законченных составных частей, не требующих при монтаже операций по подгонке;
- 8) использование конструктивных решений, облегчающих и упрощающих условия изготовления и монтажа вне предприятия изготовителя для ограничения требований к квалификации изготовителей и монтажников.

Комплекс работ по снижению трудоемкости, стоимости и продолжительности технического обслуживания и ремонта изделия включает:

- 1) использование конструктивных решений, позволяющих снизить затраты на проведение подготовки к использованию по назначению, технического контроля, технического диагностирования и на транспортирование изделия;
- 2) использование конструктивных решений, позволяющих снизить затраты на обеспечение: доступа к составным частям; замены составных частей изделия такими же частями при сохранении установленного качества изделия в целом; установки и съёма составных частей изделия; восстановления геометрических характеристик и качества поверхности детали;
- 3) повышение требований по унификации и стандартизации составных частей изделия;
- 4) ограничение числа сменяемых составных частей изделия, видов материалов, инструмента, вспомогательного оборудования и приспособлений;
- 5) использование конструктивных решений, облегчающих и упрощающих условия технического обслуживания и ремонта для ограничения требований к квалификации персонала, осуществляющего обслуживание и ремонт.

Комплекс работ по снижению материалоемкости изделия включает:

- 1) применение рациональных сортов и марок материалов, рациональных способов получения заготовок, методов упрочнения деталей;

2) разработку и применение решений, позволяющих повысить ресурс изделия и использовать малоотходные технологические процессы;

3) разработку рациональной компоновки изделия, обеспечивающей сокращение расхода материала при монтаже вне предприятия-изготовителя;

4) внедрение научно обоснованных запасов прочности металлоконструкций, типовых методов расчетов и испытаний изделия.

Отработка конструкции изделия на технологичность производится совместно разработчиками конструкторской и технологической документации, предприятиями-изготовителями изделия и представителями заказчика (специалистами по техническому обслуживанию и ремонту техники). Для изделий типа «сборочная единица» или «комплекс», подлежащих монтажу вне предприятия-изготовителя, в отработке конструкции изделия на технологичность должны участвовать представители организаций, осуществляющих монтажные работы. В необходимых случаях к отработке конструкции изделия на технологичность должны привлекаться специализированные технологические институты.

Ответственными исполнителями отработки конструкции изделия на технологичность являются разработчики конструкторской документации.

Порядок отработки конструкции изделий на технологичность может быть установлен стандартами организации (СТО) предприятия-изготовителя.

Если отработка конструкции изделия на технологичность производится на этапе опытно-конструкторских работ (то есть, при разработке конструкции изделия), то её проводят с учётом методов, обеспечивающих технологическую рациональность и конструктивно-технологическую преемственность изделия:

1) типизации компоновок изделия и его составных частей;

2) унификации, агрегатирования, взаимозаменяемости изделия и его составных частей;

3) блочно-модульного построения технических систем и устройств;

4) функционально-стоимостного анализа изделий и его составных частей;

5) экономико-математического моделирования взаимосвязей основных функциональных и конструктивно-технологических характеристик изделия;

6) оптимизационных методов выбора физико-химических и механических свойств материалов и видов исходных заготовок, назначения точности и шероховатости поверхностей детали, выбора формы и расположения поверхностей деталей и видов соединений их с сопрягаемыми деталями;

7) размерного анализа конструкций деталей и сборочных единиц;

8) заимствования и симплификации (ограничения излишнего многообразия) составных частей, конструктивных элементов и материалов изделия.

Содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия зависит от стадии разработки конструкторской документации и устанавливается в СТО на основе данных табл. 2.1 (по ГОСТ 14.201).

Любые изменения конструкции изделия, необходимость внесения которых возникает в процессе серийного или массового производства в связи с улучшением характеристик технологичности, не должны нарушать стабильного хода производственного процесса и показателей качества. Изменения конст-

рукции изделий серийного производства проводят с новой серии в зависимости от вида, назначения, условий производства и эксплуатации изделия.

Таблица 2.1 – Содержание работ по обеспечению технологичности изделия

Стадия разработки конструкторской документации	Основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия
1	2
Техническое задание	1 Сбор информации о технологичности конструкции изделий-аналогов. 2 Установление требований к технологичности разрабатываемой конструкции изделия. 3 Выбор номенклатуры базовых показателей технологичности. 4 Расчёт значений базовых показателей технологичности.
Техническое предложение	1 Выявление вариантов конструктивных решений с лучшими возможностями рациональной компоновки изделия. 2. Выявление возможности заимствования составных частей изделия из ранее изготавливаемых конструкций. 3. Выявление новых материалов, технологических процессов и средств технологического оснащения. 4. Расчёт показателей технологичности нескольких сравниваемых вариантов конструкции изделия. 5. Выбор окончательного варианта конструктивного решения и компоновки основных составных частей изделия. 6. Технологический контроль конструкторской документации (по ГОСТ 14.206).
Эскизный проект	1 Анализ соответствия вариантов конструкции изделия условиям производства, обслуживания и ремонта. 2 Сопоставление вариантов конструкции изделия по унификации, стандартизации, точности расположения и способам соединения составных частей изделия. 3 Расчёт показателей технологичности нескольких вариантов конструкции изделия. 4 Выбор вариантов конструкции изделия для дальнейшей разработки. 5 Технологический контроль конструкторской документации.
Технический проект	1 Определение возможности параллельной и независимой сборки и контроля специфицированных составных частей изделия. 2 Анализ соответствия конструкции и компоновки сменных и требующих технического обслуживания составных частей изделия требованиям обслуживания и ремонта. 3 Выявление возможности применения покупных, стандартных, унифицированных или освоенных производством составных частей изделия. 4 Анализ возможности применения новых, в том числе типовых и групповых высокопроизводительных технологических процессов. 5 Расчёт показателей технологичности конструкции изделия. 6 Принятие принципиальных решений по технологичности конструкции изделий и улучшению условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте. 7 Технологический контроль конструкторской документации.

Продолжение таблицы 2.1

1	2
Рабочая конструкторская документация опытного образца (опытной партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления)	<i>При разработке рабочей конструкторской документации</i> для изготовления опытного образца (партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления) проводятся: 1 Анализ возможности сборки изделия и его составных частей без промежуточных разборок. 2 Выбор рациональных способов фиксирования, центрирования и регулирования составных частей изделия. 3 Определение доступности и легкосъёмности сменных и требующих технического обслуживания и ремонта составных частей изделия. 4 Выявление возможности унификации сборочных единиц и их конструктивных элементов. 5 Выявление возможности унификации деталей (включая детали крепежа) и их конструктивных элементов. 6 Установление экономически целесообразных методов получения заготовок. 7 Поэлементная отработка конструкции деталей и сборочных единиц на технологичность. 8 Расчёт показателей технологичности конструкции изделия. 9 Технологический контроль конструкторской документации <i>При изготовлении и испытании опытного образца</i> (партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления) проводятся: 1 Проверка соответствия разделения конструкции изделия на агрегаты организационной структуре предприятия-изготовителя. 2 Проверка соответствия конструкции деталей рациональным способам получения заготовок и их обработки. 3 Проверка соответствия точности изделия техническим данным средств технологического оснащения. 4 Проверка применимости нормальных рядов размеров, стандартного режущего и измерительного инструмента. 5 Проверка возможности использования конструкторских баз в качестве технологических и их увязка. 6. Проверка возможности сокращения обрабатываемых поверхностей, совмещения (расчленения) деталей. 7. Проверка удобства и быстроты регулировки расположения составных частей изделия. 8. Проверка возможности технического контроля, в том числе контроля технического состояния, технического диагностирования, доступа к составным частям при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте. 9. Проверка возможности замены составных частей изделия другими такими же частями при сохранении установленного качества изделия в целом. 10. Проверка возможности и удобства установки и съёма составных частей изделия при его изготовлении, техническом обслуживании и ремонте, а также монтажа и демонтажа составных частей изделия. 11. Проверка возможности восстановления геометрических характеристик и качества поверхностей деталей. 12. Проверка соответствия технологичности конструкции нормам ремонтпригодности и транспортабельности. 13. Анализ технологичности опытного образца. 14. Расчёт показателей технологичности после отработки конструкции при изготовлении и испытании опытного образца. 15. Корректировка и технологический контроль конструкторской документации серийного изделия с учётом предложений об изменении, выявленных при анализе технологичности опытного образца.

Продолжение таблицы 2.1

1	2
Рабочая конструкторская документация изделий серийного (массового) производства	1 Окончательное принятие решений по совершенствованию условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте и регистрация принятых решений в технологической документации. 2 Окончательная отработка конструкции изделия в период изготовления, испытания и оснащения технологического процесса изготовления установочной (опытной) серии. 3 Доведение конструкции изделия до соответствия требованиям серийного (массового) производства с учётом применения наиболее производительных технологических процессов и средств технологического оснащения при изготовлении изделия и его основных составных частей. 4 Доведение конструкции изделия до соответствия требованиям системы технического обслуживания, ремонта и монтажа, транспортирования и хранения. 5 Оценка соответствия достигнутого уровня технологичности требованиям технического задания. 6 Корректировка конструкторской документации. 7 Оценка эксплуатационной и ремонтной технологичности путем проведения исследовательских (определяющих) испытаний или организации сбора данных о технологичности изделия в процессе эксплуатации и ремонта.

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.

Чтобы избежать незамеченных недостатков в конструкции, **качественный анализ технологичности целесообразно проводить** в определенной последовательности:

1. Установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки.

2. Определить целесообразность назначения протяженности и размеров обрабатываемых поверхностей, труднодоступные для обработки места.

3. Определить технологическую увязку размеров, оговоренных допусками, шероховатость поверхностей, необходимость дополнительных технологических операций для получения высокой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей.

4. Определить возможность обработки детали в имеющихся производственных условиях.

5. Определить поверхности, которые могут быть использованы при базировании.

6. Проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки.

С целью упрощения анализа технологичности возможны рекомендации для типовых классификационных групп деталей.

Для корпусных деталей следует определить:

1. Допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает такому виду обработки?

2. Можно ли обрабатывать отверстия одновременно на многошпиндельных станках с учетом расстояний между центрами отверстий.

3. Позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной стороны или с двух сторон?

4. Есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям?

5. Нужна ли обработка торцов ступице внутренних сторон?

6. Есть ли глухие отверстия?

7. Имеются ли обрабатываемые поверхности под углом?

8. Для всех ли отверстий плоскость входа и выхода перпендикулярна оси отверстия?

9. Имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам базовые поверхности?

10. Нет ли в конструкции детали внутренние резьбы большого диаметра?

11. Насколько способ получения заготовки (отливки), правильно ли выбраны элементы конструкции, обуславливающие получение заготовки?

Для валов следует определить:

1. Можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?
2. Убывают ли к концам диаметральные размеры шеек вала?
3. Имеются ли буртики большого диаметра (по сравнению с остальными диаметрами)? Как это повлияет на коэффициент использования материала?
4. Имеются ли закрытые шпоночные пазы?
5. Каково соотношение длин ступеней вала, эффективна ли многорезцовая параллельная обработка их?
6. Допускает ли жесткость вала получение высокой точности (жесткость вала недостаточна, если для получения 8-9 квалитета соотношение его длины к диаметру $l : d > 10 - 12$; при более низкой точности, это соотношение может быть равно 15; при многорезцовой обработке это соотношение – 10)?

Для зубчатых колес следует определить:

1. Возможность высокопроизводительного формообразования зубчатого венца с применением пластического деформирования в горячем и холодном состоянии.
2. Простоту формы центрального отверстия.
3. Простоту конфигурации наружного контура зубчатого венца (более технологичны плоские, без ступицы).
4. Одно или двухстороннее расположение ступицы (это определяет возможность нарезания зубьев одновременно у нескольких деталей).
5. Симметричность расположения перемычки между ступицей и венцом (нарушение этого требования вызывает значительные односторонние искажения при термической обработке).
6. Правильность форм и размеров канавок для выхода инструментов.
7. Возможность многорезцовой обработки в зависимости от соотношения диаметров венцов и расстояний между ними.

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.

К базовым показателям технологичности относятся:

- а) масса детали (заготовки);
- б) допуски на размеры детали;
- в) параметры шероховатости поверхностей детали;
- г) трудоёмкость изготовления детали;
- д) производственная себестоимость детали.

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

Необходимость количественной оценки технологичности конструкции изделий, а также номенклатуру показателей и методику их определения устанавливают в зависимости от вида изделий, типа производства и стадии разработки конструкторской документации отраслевыми стандартами или стандартами предприятия. Количество показателей должно быть минимальным, но достаточным для оценки технологичности.

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 $K_б$.

При количественной оценке технологичности определяются значения нескольких относительных частных показателей технологичности – *уровней технологичности конструкции* по определённым признакам [8, 10].

1. *Уровень технологичности конструкции по трудоёмкости:*

$$K_{ут} = \frac{T_{п}}{T_б}, \quad (2.1)$$

где $T_{п}$ – показатель трудоёмкости изготовления детали по проектному (предлагаемому) варианту, мин; $T_б$ – показатель трудоёмкости изготовления детали по базовому варианту, мин.

2. *Уровень технологичности конструкции по себестоимости:*

$$K_{ус} = \frac{C_{п}}{C_б}, \quad (2.2)$$

где $C_{п}$ – технологическая себестоимость детали по проектному (предлагаемому) варианту, руб; $C_б$ – технологическая себестоимость по базовому варианту, руб.

3. *Уровень технологичности конструкции по использованию материала:*

$$K_{ум} = \frac{K_{пм}}{K_{бм}}, \quad (2.3)$$

где $K_{\text{бм}}$ и $K_{\text{пм}}$ – соответственно, базовый и достигнутый коэффициенты использования материала.

Коэффициент использования материала $K_{\text{м}}$ находят по формуле

$$K_{\text{м}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}, \quad (2.4)$$

где $M_{\text{д}}$ – масса готовой детали, кг; $M_{\text{з}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление детали, кг.

4. Коэффициент унификации конструктивных элементов детали:

$$K_{\text{уз}} = \frac{Q_{\text{уп}}}{Q_{\text{п}}}, \quad (2.5)$$

где $Q_{\text{уп}}$ – количество унифицированных поверхностей; $Q_{\text{п}}$ – количество поверхностей.

5. Уровень технологичности конструкции детали по точности обработки поверхностей:

$$K_{\text{то}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} \quad (2.6)$$

где $A_{\text{ср}}$ – средний коэффициент точности.

Средний коэффициент точности поверхностей детали определяют по следующей формуле

$$A_{\text{ср}} = \frac{\Pi_1 + 2 \cdot \Pi_2 + 3 \cdot \Pi_3 + \dots + 19 \cdot \Pi_{19}}{\Pi_i}, \quad (2.7)$$

где Π_i – число поверхностей детали с точностью по 1-19 квалитетам:

Если по результатам расчета выполняется условие

$$K_{\text{то}} > 0,8,$$

то деталь по этому показателю можно считать технологичной

6. Уровень технологичности конструкции детали по шероховатости поверхностей:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}}, \quad (2.8)$$

где $B_{\text{ср}}$ – средняя шероховатость поверхности, определяемая в значениях параметра R , мкм.

$$B_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^l \Pi_j \cdot m_j}{l} \quad (2.9)$$

где m_j – число поверхностей j -го класса шероховатости; Π_j – класс шероховатости j -й поверхности; l – число классов шероховатости.

Значения классов шероховатости поверхностей выбирают по значениям параметров шероховатости R_a или R_z , заданным на рабочем чертеже детали, в соответствии с табл. 2.2.

При определении значений уровней технологичности в расчёт принимаются снижение трудоёмкости изготовления и себестоимости детали, обусловленные *только изменением конструкций детали и заготовки, материала и способа получения*. Изменения значений трудоёмкости и себестоимости детали, полученные в результате усовершенствования технологического процесса изготовления, *не обусловленные вышеперечисленными факторами, при расчёте не учитываются*. Например, при расчёте не будут учитываться факторы: экономический эффект от использования специальных станочных приспособлений, специальных измерительных установок, специального режущего инструмента, автоматизации технологического процесса и других подобных факторов [8, 16].

Таблица 2.2 – Соответствие классов шероховатости параметрам R_a и R_z

Класс шероховатости по ГОСТ 2789	Параметр R_a , мкм	Параметр R_z , мкм
0	более 80	более 320
1	50...80	180...320
2	25...50	90...180
3	12,5...25	50...90
4	6,3...12,5	20...50
5	3,2...6,3	15...20
6	1,6...3,2	8...15
7	1,25...1,6	6,3...8
8	0,63...1,25	3,2...6,3
9	0,32...0,63	1,6...3,2
10	0,16...0,32	0,8...1,6
11	0,08...0,16	0,4...0,8
12	0,04...0,08	0,2...0,4
13	0,01...0,04	0,1...0,2
14	0,01...0,025	0,025...0,1
15	менее 0,1	менее 0,025

Необходимо помнить, что выше рассмотренные уровни технологичности конструкции детали вычисляются на разных этапах проектирования технологического процесса.

Значения уровня технологичности по точности обработки и уровня технологичности по шероховатости вычисляют на этапе внесения изменений в рабочий чертёж детали.

Значения уровня технологичности конструкции по использованию материала рассчитываются после выбора способа получения заготовки и определения общих припусков на механическую обработку.

Уровни технологичности по трудоёмкости изготовления детали и по её технологической себестоимости окончательно определяются после разработки

технологического процесса и получения данных, необходимых для расчёта (коэффициент использования материала, штучное время и т.п.).

3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Варианты индивидуальных заданий для практической работы приведены в табл. 3.1. Вариант задания студенту выдаёт преподаватель.

Таблица 3.1 – Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Количество поверхностей детали Q_n	Количество унифицированных поверхностей детали Q_{un}	Масса, кг		Трудоемкость, мин		Себестоимость, руб.		Средний коэффициент точности $A_{ср}$	Средняя шероховатость поверхностей $B_{ср}$
			Проектный вариант	Базовый вариант	Проектный вариант	Базовый вариант	Проектный вариант	Базовый вариант		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	19	12	0,8	1,1	28	31	1,7	2,1	8	0,62
3	28	17	0,3	0,4	16	24	0,9	1,3	9,5	3,2
4	41	27	0,2	0,4	31	39	1,2	1,4	6,8	0,4
5	55	40	4,8	5,5	68	89	4,8	5,3	7,9	2,5
6	26	21	1,6	2,1	17	21	2,4	2,8	8,4	1,6
7	44	38	2,5	2,9	25	30	3,5	3,9	9,4	3,2
8	51	46	3,5	3,8	32	38	6,5	7,2	7,6	2,4
9	27	21	0,8	1,2	18	25	7,2	10,2	8,5	1,5
10	34	28	4,2	4,8	56	65	10,6	12,3	9,3	0,8
11	49	37	0,9	1,4	15	18	8,4	9,5	6,9	1,0
12	21	18	1,6	2,4	20	28	3,6	4,3	7,0	3,0
13	16	14	1,8	2,2	24	32	2,8	2,8	9,4	1,8
14	49	37	0,9	1,4	15	18	8,4	9,5	6,9	1,0
15	25	22	3,4	4,1	48	60	6,3	7,5	8,5	0,62
16	30	19	2,6	3,2	32	42	5,2	6,3	7,9	2,5
17	42	42	1,7	2,0	24	25	8,1	8,9	8,7	1,4
18	18	13	4,1	4,4	58	69	7,2	8,5	7,6	2,2
19	9	6	0,4	0,55	12	23	6,4	7,0	9,6	3,2
20	26	18	1,3	1,7	16	25	4,6	5,2	7,8	1,0

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Индивидуальное задание выполняется в соответствии с исходными данными выданного варианта по следующему алгоритму:

1) подсчитать уровень технологичности конструкции детали по трудоёмкости $K_{\text{ут}}$, используя формулу (1.1), и сделать вывод о технологичности детали по данному параметру;

2) подсчитать уровень технологичности конструкции детали по себестоимости $K_{\text{ус}}$, используя формулу (1.2), и сделать вывод о технологичности детали по данному параметру;

3) подсчитать уровень технологичности по использованию материала $K_{\text{ум}}$, используя формулы (1.3 и 1.4) и предварительно получив у преподавателя значение массы заготовки. Сделать вывод о технологичности детали по данному параметру;

4) подсчитать значение коэффициента унификации конструктивных элементов детали $K_{\text{уз}}$, используя формулу (1.5), и сделать вывод о технологичности детали по данному параметру;

5) подсчитать уровень технологичности конструкции детали по точности обработки поверхностей $K_{\text{то}}$, используя формулу (1.6), и сделать вывод о технологичности детали по данному параметру;

6) подсчитать уровень технологичности конструкции детали по шероховатости поверхностей $K_{\text{ш}}$, используя формулу (1.8), и сделать вывод о технологичности детали по данному параметру;

7) записать значения показателей технологичности конструкции детали и выводы в таблицу произвольной формы.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие задачи включает в себя обеспечение технологичности конструкции изделия?

2. Что должны учитывать при отработке конструкции изделия на технологичность?

3. Перечислите стадии разработки конструкторской документации?

4. Перечислите методы оценки технологичности конструкции детали?

5. В чем заключаемся качественная оценка технологичности конструкции изделия?

6. В чем состоит количественная оценка технологичности конструкции изделия?

7. Какие виды количественной оценки технологичности являются рациональными?

8. Как определяется коэффициент точности $K_{\text{то}}$?

9. Как определяется коэффициент шероховатости $K_{\text{ш}}$?

10. Как определяется уровень технологичности конструкции по трудоёмкости?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косилова, А.Г. Справочник технолога машиностроителя [Текст]/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова // В 2-х т. – Т.1. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1985. – 589 с.
2. Серебrenицкий, П.П. Общетеxнический справочник [Текст]/П.П. Се-ребrenицкий. – СПб.: Политехника, 2004. – 445 с.
3. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения [Текст]: учебник для вузов /Б.М. Базров. – М.: Машиностроение, 2005. – 736с.
4. Балобанов, А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя [Текст]/А.Н. Балобанов. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 460 с.
5. Справочник технолога-приборостроителя [Текст] /Под ред. П.В. Сыро-ватченко. – В 2-х т. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980.
6. Амиров Ю.Д. Технологичность конструкции изделия [Текст]: справоч-ник /Ю.Д. Амиров [и др.]; под общ. ред. Ю.Д. Амирова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 768 с.
7. Гжиров, Р.И. Краткий справочник конструктора [Текст]: справочник /Р.И. Гжиров. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1984. – 464 с.
8. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] /Под общ. ред. А.Ф. Горбачевича. – Минск: Высшая школа, 1975. – 288 с.
9. Бабук, В.В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении [Текст]: учебное пособие /В.В. Бабук [и др.]; под ред. В.В. Бабука. – Мн.: Высшая школа, 1987. – 255 с.
10. Справочник по производственному контролю в машиностроении [Текст] /Под ред. А.К. Кутая. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отделение), 1974. – 676 с.
11. Мягков, В.Д. Допуски и посадки [Текст]: справочник. В 2-х ч. /В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1982. – Ч. 1. – 543 с.
12. Справочник конструктора точного приборостроения [Текст]/Г.Л. Вер-кович и др.; Под общ. ред. К.Н. Явленского и др. – Л.: Машиностроение, Ле-нинградское отделение, 1988. – 792 с.
13. Кован, В.М. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] /В.М. Кован, С.И. Бабкин, С.И. Волков. И.Е. Городецкий, А.К. Горошкин, В.В. Дос-чатов, В.С. Замалин, А.И. Исаев, С.М. Кедров, А.Н. Малов, М.Е. Мардянян, К.П. Панченко, Д.М. Секретев, К.П. Стаев, П.В. Сыроватченко, Г.Э. Таурит, М.А. Ильяшева; Под ред. А.Н. Малова //В 2-х томах. – Т. 2. – М.: Машгиз, 1959. – 584 с.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. ГОСТ 2.116-84. Единая система конструкторской документации. Карта технического уровня и качества продукции.
2. ГОСТ 14.004-83. Единая система технологической подготовки производства. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий.
3. ГОСТ 14.201-83. Единая система технологической подготовки производства. Обеспечение технологичности конструкции изделия изделий. Общие требования.
4. ГОСТ 14.205-83. Единая система технологической подготовки производства. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения.
5. ГОСТ 14.206-73. Единая система технологической подготовки производства. Технологический контроль конструкторской документации.
6. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
7. ГОСТ 21623-76. Система технического обслуживания и ремонта техники. Показатели для оценки ремонтпригодности. Термины и определения.
8. ГОСТ 24444-87. Оборудование технологическое. Общие требования монтажной технологичности.
9. ГОСТ 27782-88. Материалоемкость изделий машиностроения. Термины и определения.

КАЧЕСТВЕННАЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЯ

*Методические указания
к выполнению практической работы*

Составитель: Стреляная Юлия Олеговна

В авторской редакции

Изд. № 28/2023. Объем 1,25 п.л. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,23.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»