

## Тема 1 Анализ технологичности

Основной целью анализа технологичности конструкции детали является повышение производительности труда и качества изделия при максимальном снижении затрат времени и средств на изготовление, эксплуатацию и ремонт. Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств, обуславливающих оптимизацию затрат труда в процессе проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта в сравнении с однотипным экземпляром при условии обеспечения эксплуатационных показателей качества и при заданном типе производства.

В соответствии с ГОСТ 14.205-83 *технологичность* – совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте при заданных показателях качества, объёме выпуска и условиях выполнения работ.

Технологичность конструкции детали имеет прямую связь с производительностью труда, затратами времени на технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия. Поэтому проектированию технологического процесса изготовления детали должен предшествовать анализ технологичности её конструкции и в необходимых случаях отработка на технологичность.

Анализ технологичности включает отработку конструкции детали с целью максимальной унификации элементов (размеров, резьб, фасок и др.), правильный выбор и простановку размеров, оптимальных допусков и шероховатости поверхности, соблюдение всех требований, предъявляемых к заготовкам и т.д.

Анализ детали необходимо производить по всем ее обрабатываемым поверхностям. Анализу подвергается степень точности и шероховатость обрабатываемых поверхностей, что дает возможность выбирать оптимальные методы обработки каждой из поверхностей изготавливаемой детали.

При отработке на технологичность конструкции детали необходимо производить оценку в процессе ее конструирования.

Технологичность конструкции детали оценивают на двух уровнях – качественном и количественном.

### **Качественная оценка технологичности**

Качественная оценка технологичности является предварительной, обобщенной и характеризуется показаниями: «лучше – хуже», «рекомендуется – не рекомендуется», «допустимо – не допустимо» и т.п. Технологичной при качественной оценке считается такая геометрическая конфигурация детали и отдельных ее элементов, которая учитывает возможности минимального расхода материала и использования наиболее производительных и экономичных методов изготовления.

Качественная оценка предшествует количественной и сводится к определению соответствия конструкции детали следующим требованиям:

– конструкция должна быть стандартной или состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов;

- для изготовления детали должны использоваться стандартные или унифицированные заготовки;
- точность размеров и шероховатость поверхностей детали должны быть оптимальными, обоснованными конструктивно и экономически;
- при определении жёсткости, формы и размеров, а также механических и физико-химических свойств её материала следует учитывать возможности технологии изготовления, условий хранения и транспортирования;
- точность и шероховатость поверхностей должны обеспечивать требуемую точность установки, обработки и контроля;
- заготовку необходимо получать рациональным способом (с учётом объёма выпуска и типа производства);
- должны обеспечиваться доступ к обрабатываемым поверхностям и возможность одновременной обработки нескольких заготовок;
- сопряжения поверхностей деталей различных качеств и шероховатости должны соответствовать методам и средствам обработки;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность использования групповых, типовых и стандартных технологических процессов;
- унификация формы и размеров обрабатываемых элементов, что обеспечит обработку их минимальным числом инструментов и использование типовых подпрограмм на станках с ЧПУ и т.д.

**Анализ технологичности конструкции детали рекомендуется выполнять в следующей последовательности.**

- На основании анализа исходной информации (сборочного чертежа узла, чертежа детали, программы и годового объёма выпуска, типа производства, служебного назначения узла и детали) выносят заключение о целесообразности принципиального изменения метода получения исходной заготовки. При этом в ряде случаев приходится менять материал заготовки.

В тех случаях, когда качественное сравнение принципиально отличных методов получения заготовок не позволяет сделать определённый выбор, производят количественную технико-экономическую оценку двух – трёх предпочтительных вариантов методов получения заготовок и принимают решение о выборе исходной заготовки.

Если метод получения исходной заготовки был изменён принципиально, то приводят эскизные рисунки базовой и предложенной исходной заготовок с указанием их основных размеров.

- Выполняют анализ технологичности конструктивных элементов детали, выявляют труднодоступные для обработки места и при необходимости вносят изменения в конструкцию (производят отработку на технологичность).

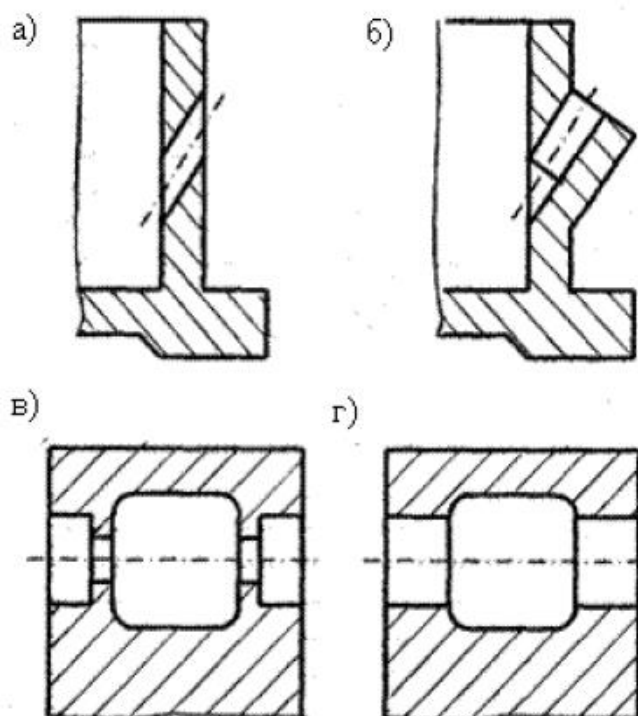
- Определяют возможность совмещения технологических и конструкторских (измерительных) баз при обеспечении размеров требуемой точности, а также возможность прямого контроля таких размеров.

- Анализируют конструкцию детали (исходной заготовки) для возможности одновременной обработки нескольких заготовок на одном станке, многоинструментальной, многосторонней и других прогрессивных методов обработки.

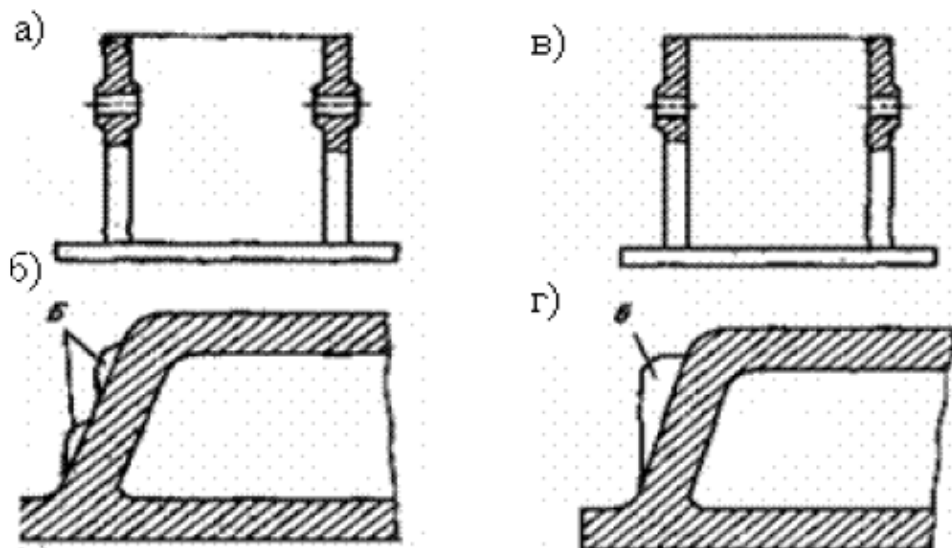
- Анализируют соответствие заданных допусков и технических требований служебному назначению детали и технологическим возможностям оборудования.

- Определяют поверхности, которые будут использованы в качестве технологических баз, и проверяют соответствие их требованиям, предъявляемым к технологическим базам заготовки. Выполняют эскизы, изображающие детали или отдельные её элементы до отработки конструкции на технологичность и после (рис. 1).

В качестве примера можно сформулировать рекомендации по обеспечению технологичности корпусных деталей. Обработка заготовок корпусных деталей сводится главным образом к обработке плоских поверхностей и отверстий. Конструктивная форма корпусной детали, обеспечивающая минимальную трудоёмкость обработки, должна отвечать следующим основным условиям:



**Рис. 1. Отдельные элементы детали: а, в – нетехнологичные; б, г – технологичные**



**Рис. 2. Отдельные элементы детали: а, б – нетехнологичные; в, г – технологичные**

- форма корпусной детали должна быть возможно ближе к правильной геометрической форме. Например, поперечному сечению корпусной детали целесообразно придавать форму правильного четырёхугольника (вместо неправильного четырёхугольника, трапеции или какой-либо сложной формы);

- конструкция корпусной детали должна позволять обработку без спаривания с сопрягаемой деталью;

– следует предусмотреть, по возможности, механическую обработку нескольких поверхностей в одной операции (например, плоскости и двух отверстий);

– конструкция детали должна обеспечивать возможность обработки поверхностей и торцов отверстий напроход. Торцам отверстий следует придавать форму, удобную для обработки торцовой фрезой или цековкой;

– деталь не должна иметь поверхностей, перпендикулярных осям отверстий на входе и выходе сверла (см. рис. 1, а), с целью устранения увода сверла или его поломки;

– диаметр обрабатываемых отверстий во внутренних стенках должен быть равен или меньше диаметра соосных им отверстий в наружных стенках детали;

– необходимо избегать многообразия размеров отверстий, резьб и допусков;

● Выявляют все обрабатываемые поверхности детали.

● Рассматривают различные методы механической обработки каждой поверхности, чтобы оценить удобство и простоту обработки.

Технологичность механически обрабатываемых деталей

Выбор показателей технологичности зависит от назначения детали, типа производства и условий эксплуатации. Для заготовок показателем технологичности применяют коэффициент использования материала, технологическую себестоимость, трудоемкость изготовления и др. Коэффициент использования материала, это отношение массы детали к массе израсходованного материала

$$\text{КИМ} = M_d / M_p$$

### **Технологичность деталей машин**

1 – конструктивная форма деталей должна быть несложной, а обрабатываемые поверхности должны иметь форму тел вращения или плоскостей, позволяющих обрабатывать их наиболее простыми и производительными способами;

2 – объем механической обработки деталей должен быть наименьшим. Это достигается за счет сокращения количества обрабатываемых поверхностей и величины припусков на обработку;

3 – конструкция деталей должна быть достаточно жесткой, исключая влияние деформирующих усилий на ее точность при применении высоких режимов резания;

4 – конструкция детали должна быть такой, чтобы удобно было ее обрабатывать, закреплять и обмерять;

5 – надо избегать применения сложных криволинейных и фасонных поверхностей, так как они осложняют обработку и требуют применения специального оборудования и инструмента;

6 – обрабатываемые поверхности делают выступающими над необрабатываемыми (черными). Этим обеспечивается выход режущего инструмента и уменьшается величина поверхности, подлежащей обработке;

7 – обрабатываемые плоскости следует располагать по возможности на одном уровне. Это ускоряет изготовление детали, так как не требует переустановки и переналадки детали и инструмента (рис. 3);

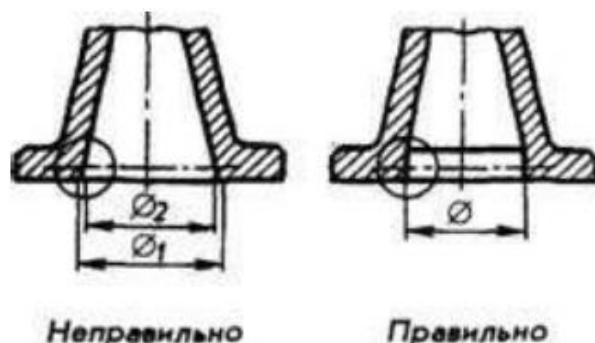
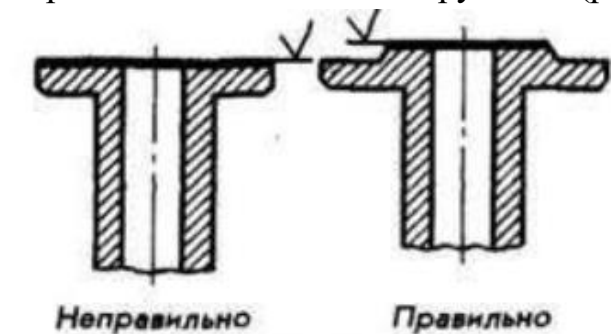
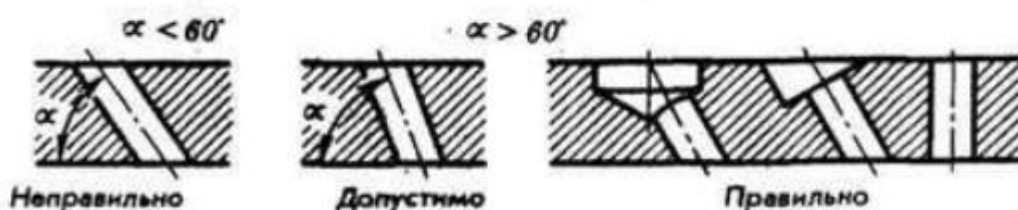
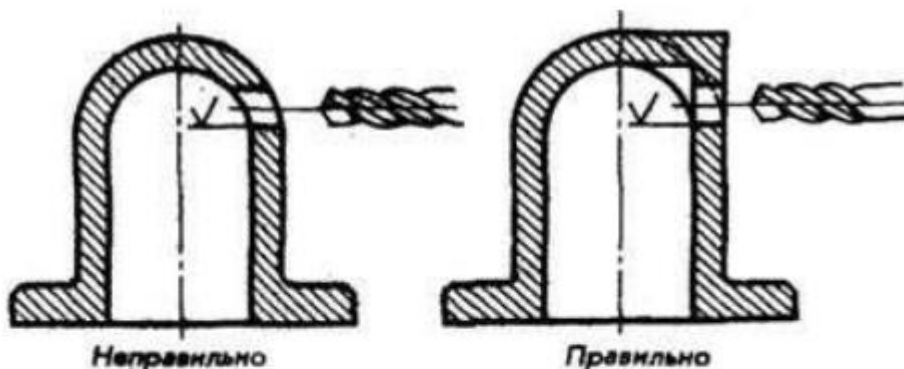


Рис. 3

Рис. 4

8 – поверхности, примыкающие к обрабатываемым участкам, делают по возможности перпендикулярными к обрабатываемой плоскости, чтобы размеры контуров, получаемых при обработке, не изменялись (рис. 4);

9 – поверхности, подлежащие обработке сверлением, снабжают бобышками, приливами, торцовые плоскости которых должны быть перпендикулярны к оси сверла. Этим обеспечивается правильный вход и выход инструмента и предотвращение его от поломок (рис. 5);



10 – отверстия под болтовые соединения должны отстоять от ставки на расстоянии  $A \geq D/2 + R$ , где  $D$  — диаметр шайбы или диаметр гайки, если шайба не ставится (рис. 6);

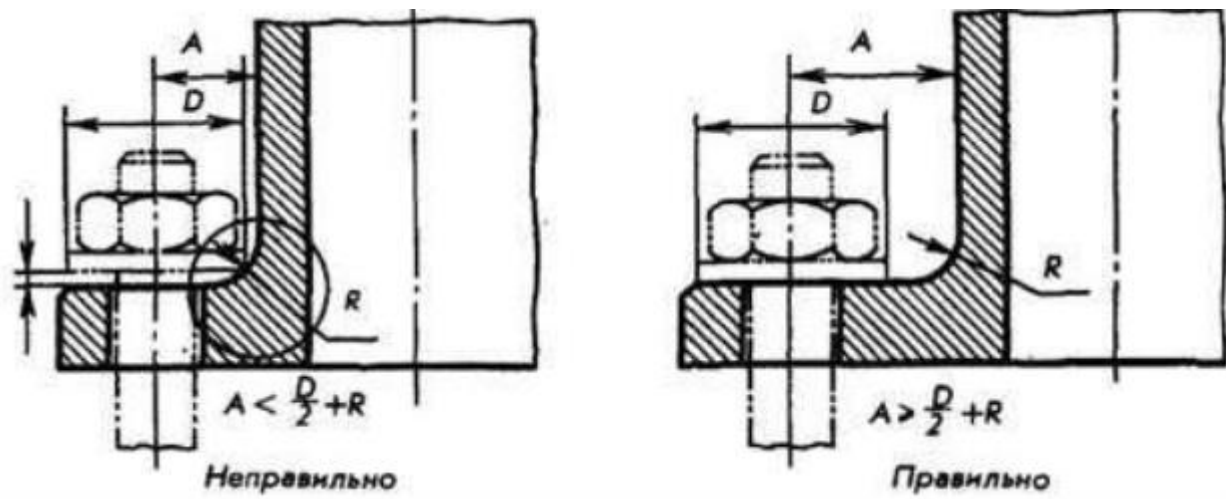


Рис.6

11 – если конструкцией не предусматривается свободный выход режущего инструмента, то переходная часть должна соответствовать форме и размерам режущего инструмента (рис.7);

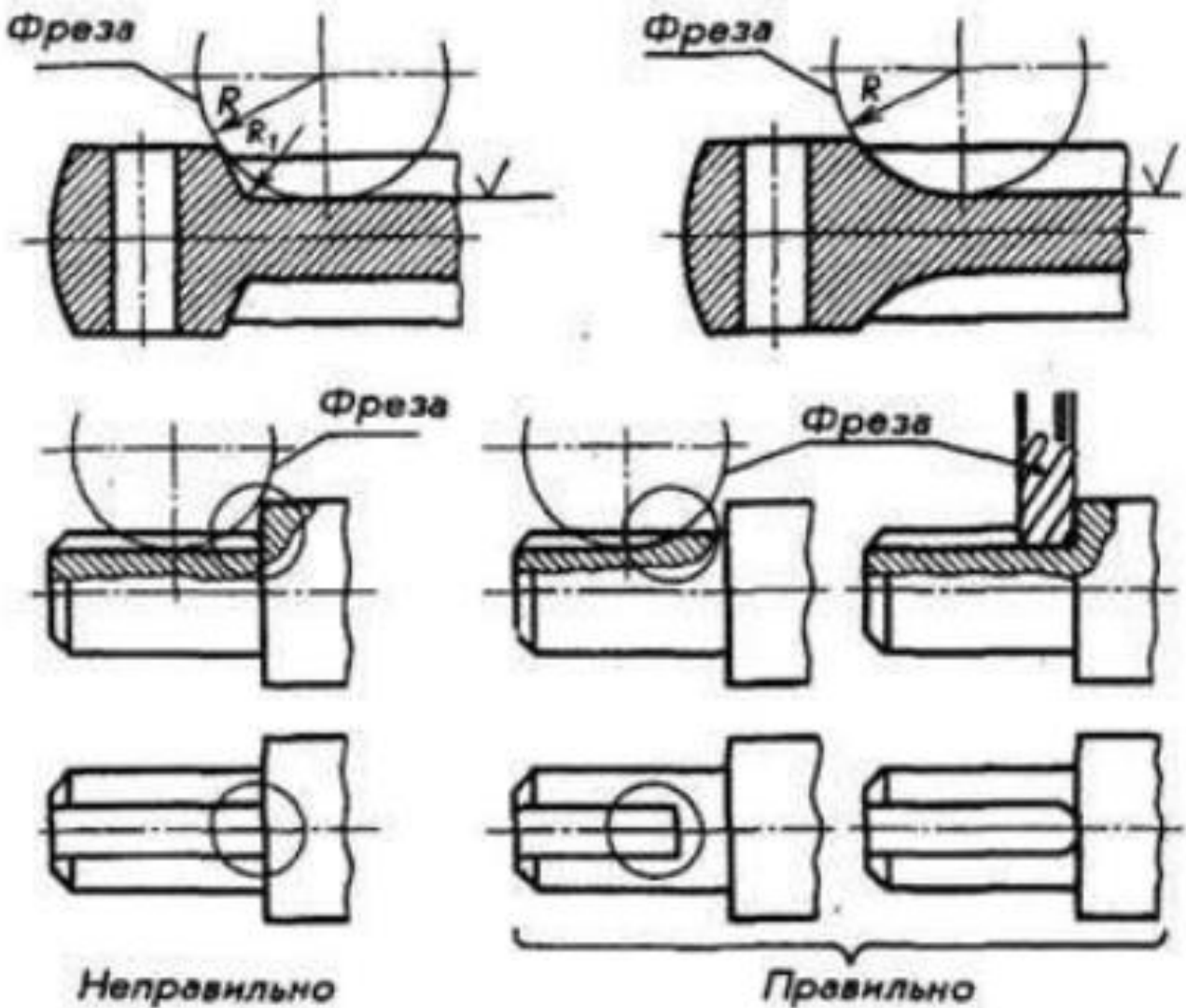


Рис.7

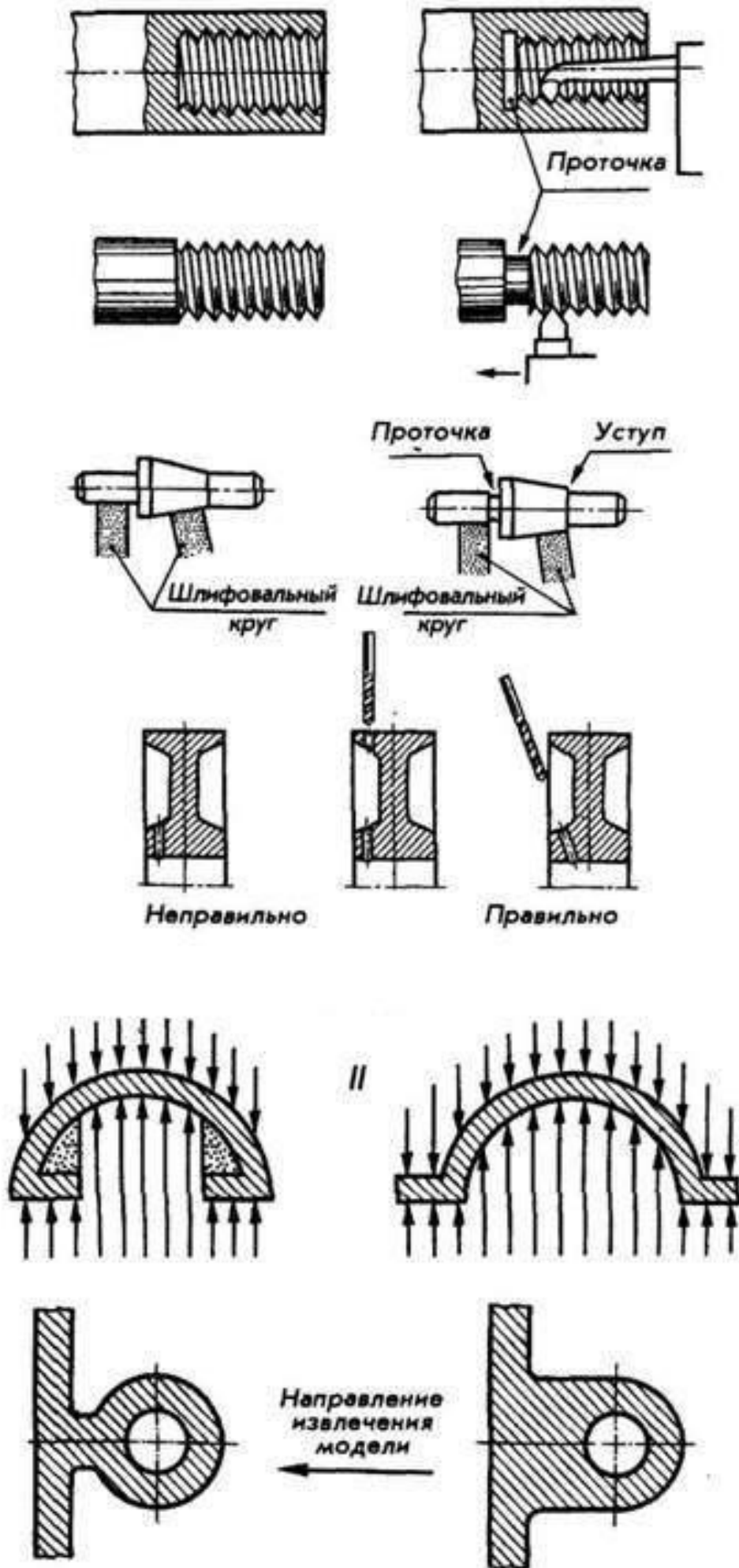


Рис.8

При обработке деталей на технологичность анализируют следующие признаки:

- правильность выбора заготовки (с целью сокращения механической обработки);
- рациональность выбора материала;
- оптимальность простановки размеров;
- степень совмещения конструкторских, технологических и метрологических баз;
- исключение обработки торцов внутри корпусов;
- жесткость деталей для успешной механической обработки;
- предусмотрение канавок для выхода инструмента;
- минимизация количества разнообразных отверстий, резьб и т. п.;
- четкое разграничение поверхностей, подлежащих механической обработке

(Рис.8)

- расположение соосных отверстий в порядке уменьшения их диаметров;
- исключение несквозных отверстий (рис.9 а) рациональное решение (рис.9.б).

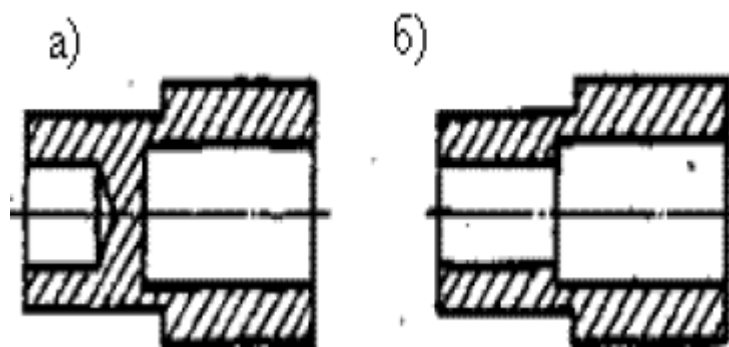


Рис.9

12 – при конструировании деталей необходимо следить за тем, чтобы места обработки режущим инструментом были доступны для его ввода и вывода, за исключением случаев, когда предусмотрен сбег резьбы

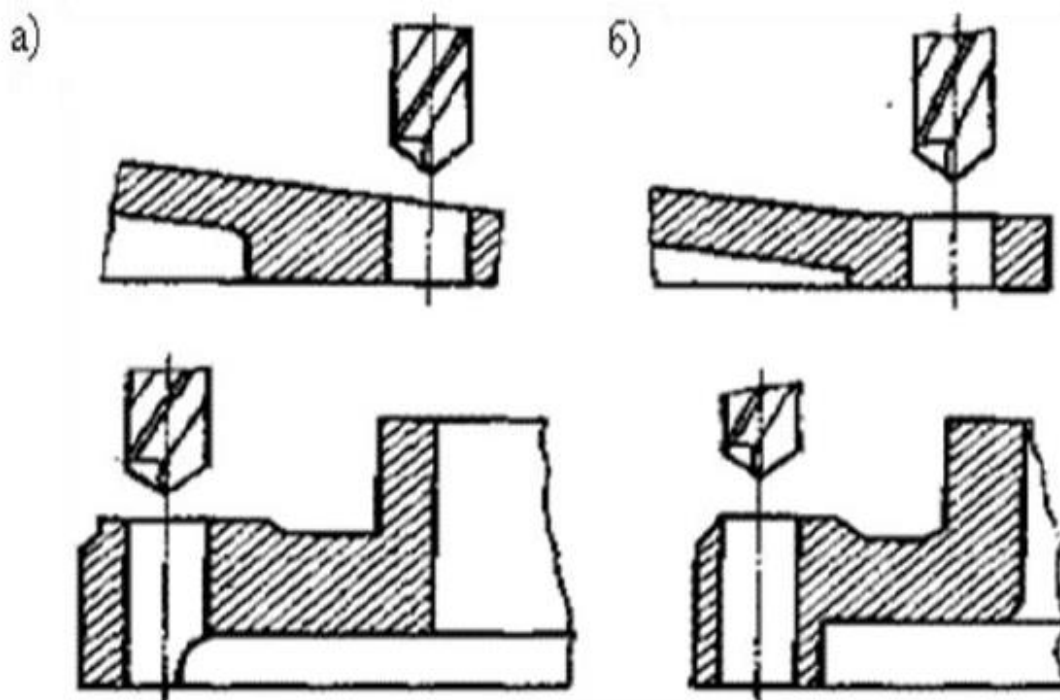


Рис.10. Условия получения отверстий: а- нерациональное решение; б – рациональное решение



## Теоретические положения

При разработке технологических процессов обработки заготовок и сборки изделий необходимо тщательно проанализировать конструкции на предмет выявления их недостатков по данным чертежа и техническим требованиям. Отработка конструкции изделия на технологичность обеспечивает решение следующих задач:

- снижение трудоемкости и себестоимости изготовления изделия;
- снижение трудоемкости и стоимости работ при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.

Обеспечение технологичности конструкции детали сводятся к выполнению следующих требований:

1. Конструкция должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
2. Детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;
3. 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 транспортировки;

Примеры обеспечения технологичности деталей, обрабатываемых на металлорежущих станках, приведены в [5] (рис.11).

Конические переходы (рис.11,*а*) между ступенями вала и фаски следует назначать с учетом стандартных проходных резцов с углом в плане 45, 60, 90 град.

Геометрические элементы (фаски, канавки, галтели и др.) должны быть унифицированы (рис.11,*а* 11,*б*), поверхности должны по форме соответствовать стандартному инструменту (рис.11,*в*).

Форма шпоночного паза должна соответствовать форме дисковой фрезы, более целесообразной чем концевой (рис. 11,*г*). Значительное различие в скорости резания на кромке инструмента в центре и на периферии при обработке сферы (рис.11*д*) приводит к неравномерному изнашиванию и наличие осевого отверстия существенно улучшает процесс резания.

Целесообразную безударную обработку торцов детали (рис 11, *е*) обеспечивает замена прямоугольного фланца круглым.

Ось отверстия, обрабатываемого сверлом, протяжкой (рис.11, *ж*, *з*) должна располагаться по нормали к поверхности на входе и выходе.

Ширина фрезеруемых плоских участков по верхнему торцу (рис. 11, *и*) должна быть одинаковой по всему прямоугольному контуру обрабатываемой детали.

Поверхности детали должны обеспечить свободный доступ к обрабатываемым поверхностям для чего необходимо увеличивать диаметр отверстий и избегать обработки закрытых поверхностей (рис.11, *к, л, у, ф*).

Необходимо максимально упрощать фасонные поверхности, отделять их от остальных поверхностей канавками (рис.11,*м*).

Проще выполнять поверхности симметричными (рис. 11,*н*)

Расчленена на две относительно простые детали (рис.11,*о*)

Фасонные поверхности на большой глубине сложно обработать, проще применять вставки (рис.11,п).

Поверхности деталей одного размера, но с разной точностью или шероховатостью, а также для безударного выхода инструмента разделять канавками (рис.11,р).

Возможность обработки нескольких деталей одновременно (рис.11,с)

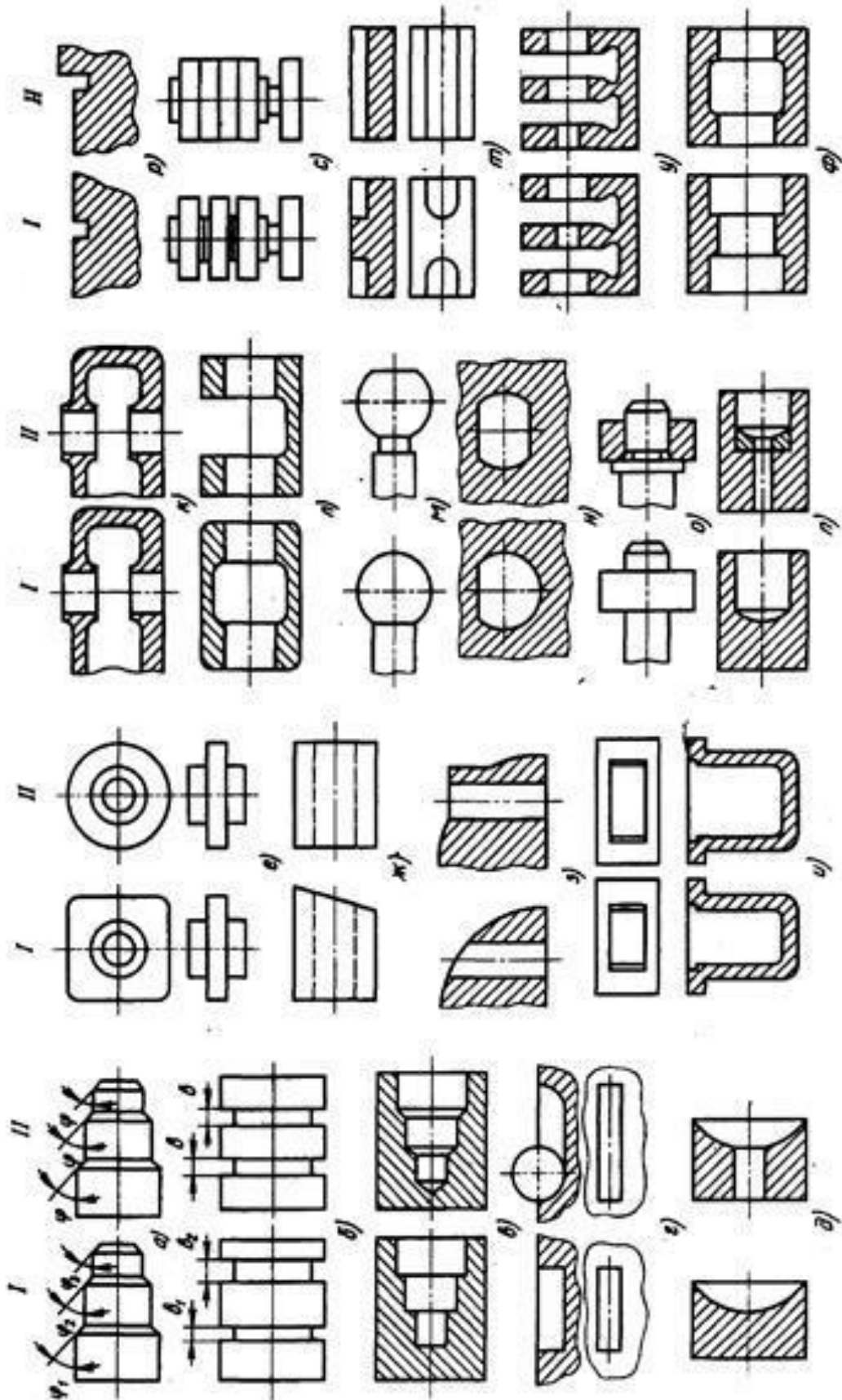


Рис.11. Технологичность конструктивных элементов детали

Шпоночные пазы целесообразно выполнять за один установ одним инструментом (рис. 11*m*).

Конструкция корпусных деталей должна обеспечивать обработку отверстий за один рабочий ход, а их диаметры должны изменяться последовательно (рис. 11,у)

Более точное отверстие должно быть сквозным, допускающим обработку одним инструментом, например, разверткой или протяжкой (рис. 11,  $\phi$ ).

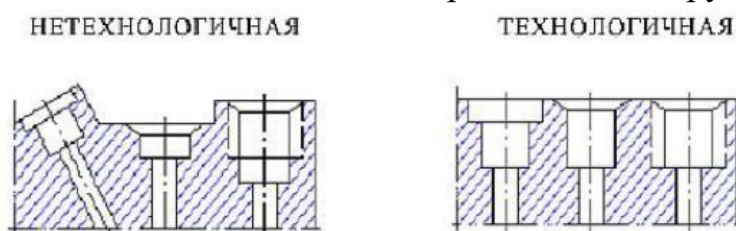
### Технологичность с учетом термообработки.

Термическая и химико-термическая обработка, предварительная, промежуточная и окончательная позволяет повысить надежность деталей и их эксплуатационные характеристики.

Вследствие неравномерного нагрева и охлаждения при термической обработке возникают термические напряжения, что приводит к короблению и, возможно, образованию трещин. Искривление деталей простой формы устраняют после термической обработки правкой, а искажение размеров – шлифованием. Детали сложной формы предпочтительно изготавливать из легированных сталей и закаливать в масле. Для деталей, подвергаемых термической обработке, следует соблюдать следующие требования:

- сечение детали должно быть симметричным;
- форма детали не должна иметь резких перепадов сечений;
- детали не должны иметь острых кромок, тонких перемычек, выступов;
- внутренние углы и резкие перепады сечений должны иметь скругления радиусом не менее 0.5 мм при закалке в воде и 0.25 мм при закалке в масле;
- шероховатость поверхностей во избежание возникновения трещин должна быть  $Ra < 12$  мкм.
- при закалке ТВЧ не допускается выход закаленного слоя в опасную (нагруженную) зону.

Примеры нетехнологичных и технологичных решений конструкций деталей



Для уменьшения числа режущих инструментов и времени обработки заменить канавки кольцевые для выхода резьбового инструмента на отверстие большей длины.

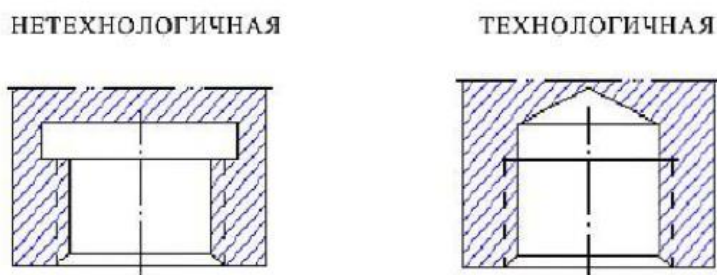


Рис.12

Нетехнологичная конструкция

Технологичная конструкция

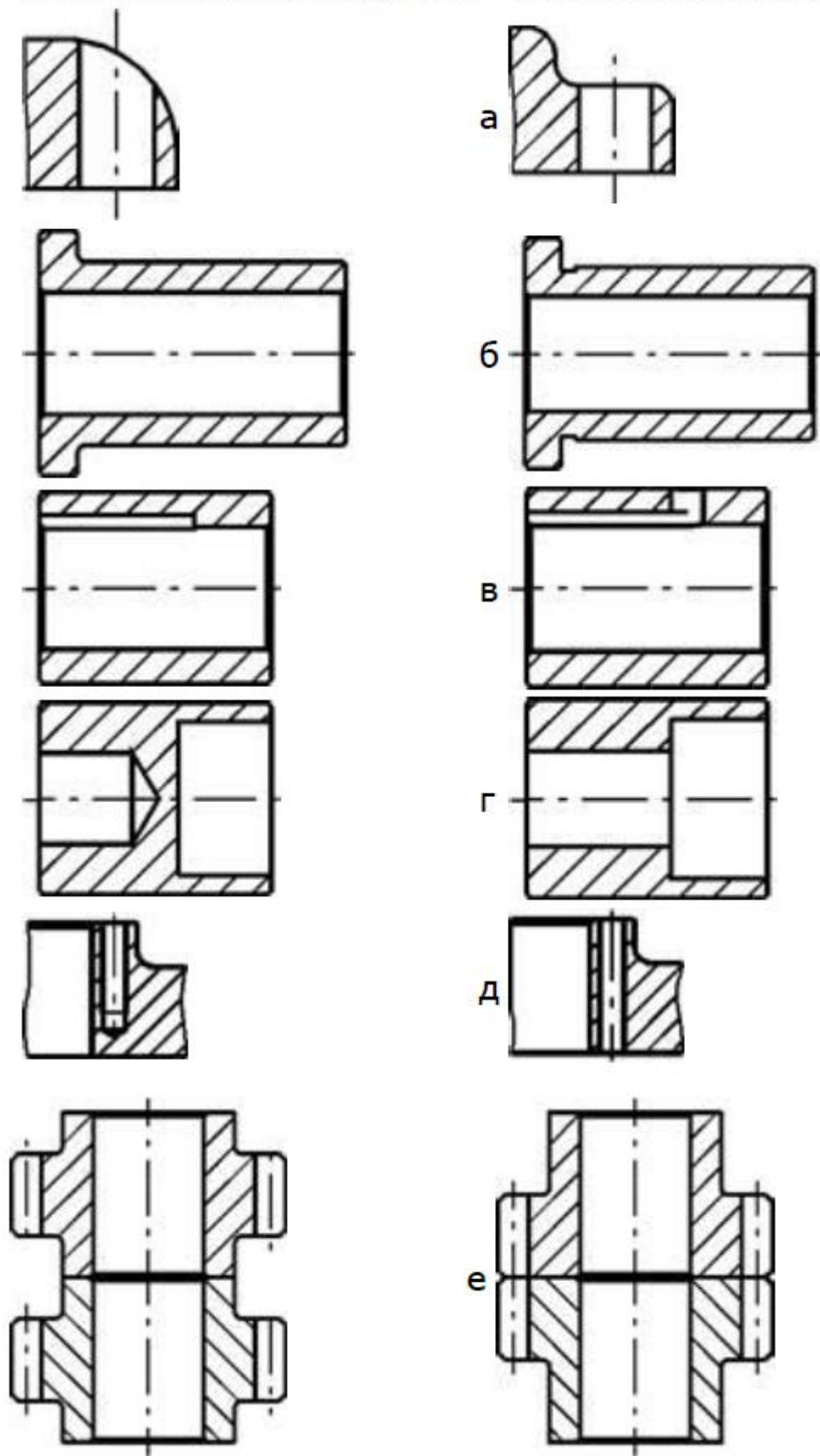
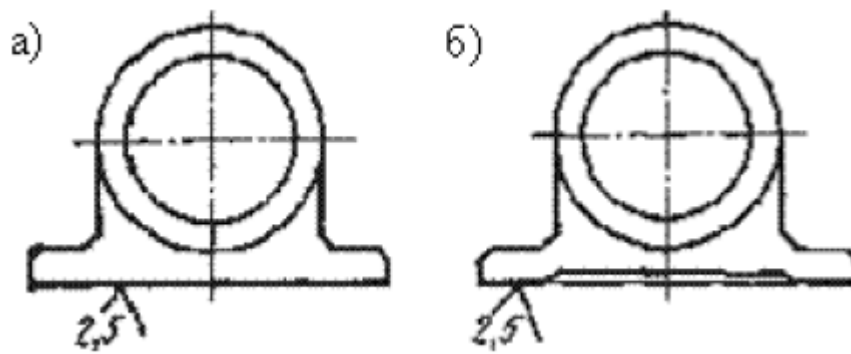


Рис. 13. Примеры нетехнологичных и технологичных конструкций деталей

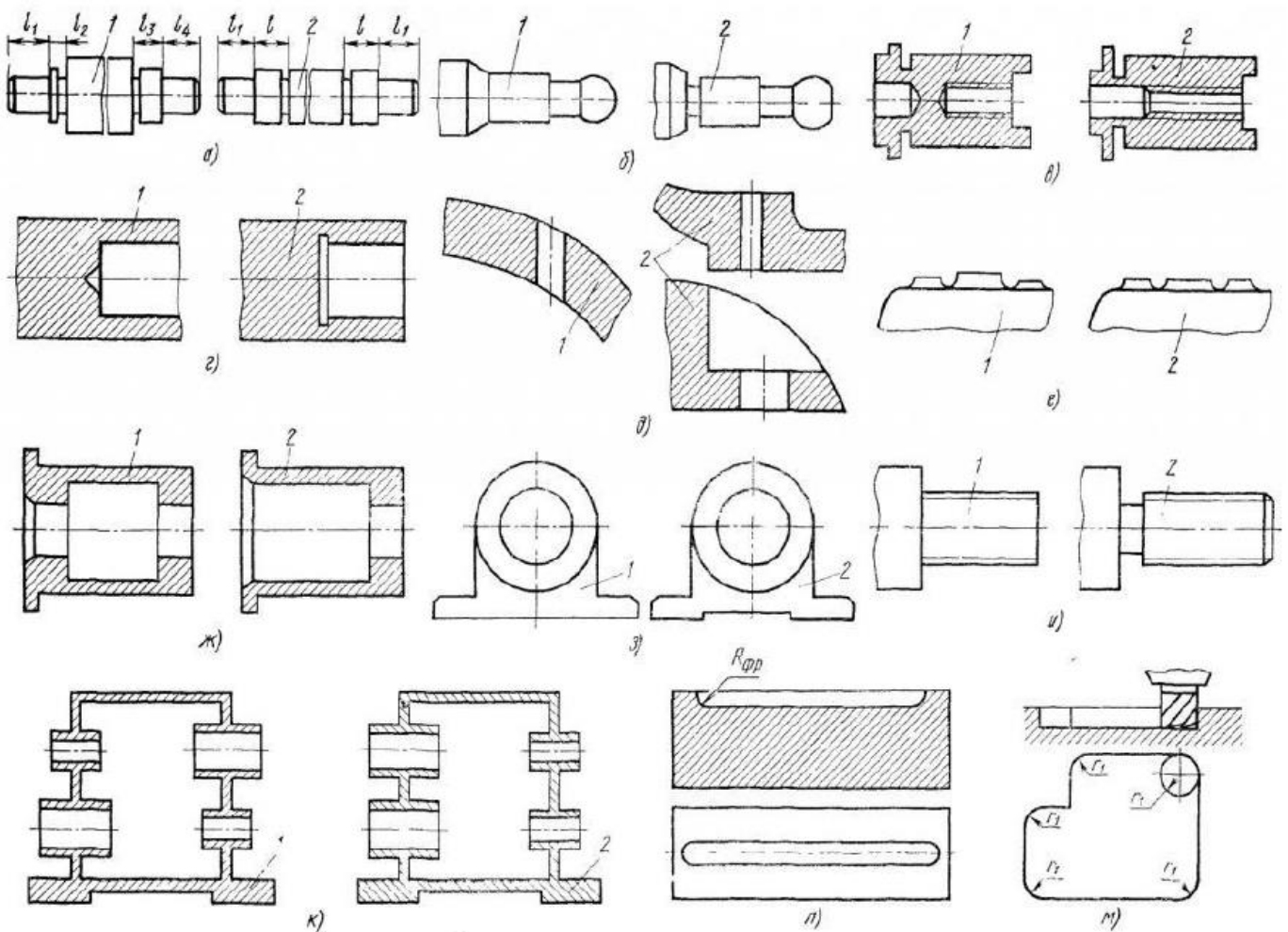


**Рис.14. Пример уменьшения объема механической обработки: а – нерациональная конструкция; б - рациональная конструкция**

Пример определения технологичности конструкции детали типа корпус и вал, сводятся к выявлению следующих требований:

**Для корпусных деталей определяют:**

- допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает такому виду обработки;
- можно ли обрабатывать отверстия одновременно на многошпиндельных станках с учётом расстояний между осями этих отверстий;
- позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной или двух сторон;
- есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям;
- нужна ли подрезка торцов ступиц с внутренних сторон отливки и можно ли её устранить;
- есть ли глухие отверстия и можно ли заменить их сквозными;
- имеются ли обрабатываемые плоскости, расположенные под тупыми и острыми углами, и можно ли заменить их плоскостями, расположенными параллельно или перпендикулярно друг к другу;
- имеются ли отверстия, расположенные не под прямым углом к плоскости входа и выхода, и возможно ли изменение этих элементов;
- достаточна ли жёсткость детали, не ограничит ли она режимы резания;
- имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности, если нет, то каким образом следует выбрать вспомогательные базы;
- нет ли в конструкции внутренней резьбы большого диаметра и возможно ли заменить её другими конструктивными элементами;
- насколько прост способ получения заготовки (отливки), правильно ли выбраны элементы конструкции, обуславливающие получение заготовки;



**Рис.15. Замена нетехнологичной конструкции на технологичную.**

Для валов указывают:

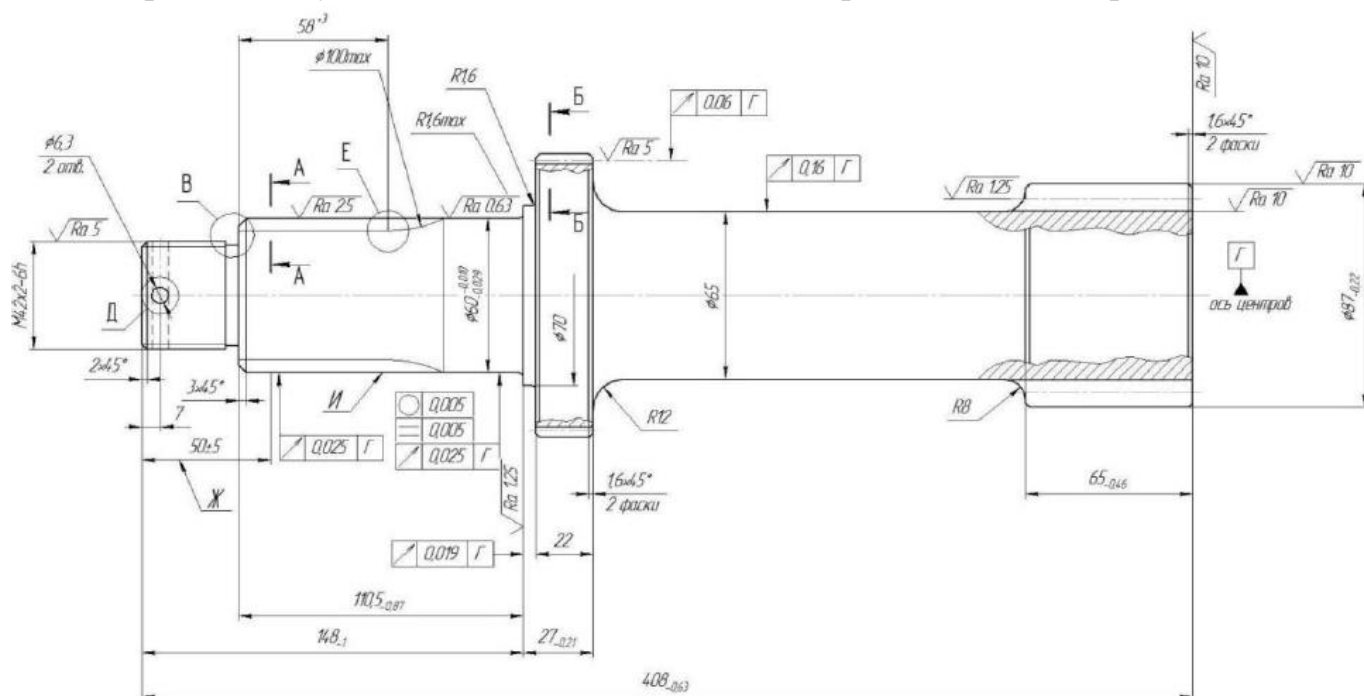
- можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами;
- убывают ли к концам диаметральные размеры шеек вала;
- можно ли уменьшить диаметры больших фланцев или буртов или исключить их вообще и как это повлияет на коэффициент использования металла;
- можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми, которые обрабатываются гораздо производительнее дисковыми фрезами;
- имеют ли поперечные канавки форму и размеры, пригодные для обработки на гидрокопировальных станках;
- допускает ли жесткость вала получение высокой точности обработки. Жесткость вала считается недостаточной, если для получения точности 7...9 качества соотношение его длины к диаметру  $l/d \leq 10...12$ . Для валов, изготавливаемых по более высоким качествам точности, это отношение может быть не более 15. При многолезковой обработке это отношение должно составлять 10.

Следует помнить, что технология обработки гладких валов в значительной мере отличается от технологии изготовления ступенчатых валов простотой и экономичностью, поэтому необходимо проанализировать возможность замены ступенчатого вала гладким.

**Пример качественного анализа технологичности конструкции детали**

Деталь – Вал-шестерня (рисунок 16) – изготавливается из высококачественной легированной конструкционной стали 20ХН3А ГОСТ4543-71. Данная сталь удовлетворительно обрабатывается резанием. Для уменьшения износа поверхностей

вала применяется химико-термическая обработка - цементирование на глубину 1,2...1,5 мм с повторным нагревом под закалку, а на шлифованных поверхностях  $h$  не менее 0,7 мм. Резьба от цементации предохраняется. Поверхности зубьев, шлицев, шлифованные поверхности должны иметь твердость 59...63 HRC, торцы 54 HRC не менее, сердцевина зубьев 30...45 HRC, остальные обработанные поверхности 47 HRC.



**Рис.16. Вал-шестерня**

Заготовку можно получить двумя методами: штамповкой на КГШП или поперечно-клиновой прокаткой.

Деталь довольно проста по конструкции и имеет хорошие базовые поверхности для первоначальных операций. Форма заготовки приближена к форме детали. Имеется свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям.

В конструкции детали заложен принцип единства баз. Технологические базы в течение всего хода технологического процесса остаются неизменными, что позволяет избежать дополнительных погрешностей. В соответствии с этим принципом расставлены размеры на чертеже. Размеры, определяющие нерабочие поверхности детали, имеют более широкие поля допусков и более грубую шероховатость, чем рабочие. К валу предъявляются высокие требования по допуску на радиальное биение 0,019 мм.

Контроль диаметральных размеров осуществляется с помощью скоб, колец, микрометра; линейных размеров – с помощью штангенциркуля, шаблонов, калибра; отверстия – с помощью пробки; шлицев – с помощью шлицевых комплексных, шлицевых поэлементных, прямобочных, шлицевых проходных калибров. Для контроля резьбы применяются комплексные калибры. Шероховатость проверяется профилометром.

Следует отметить, что вал жесткий ( $l/D = 408/92 = 4,4$ ). Это говорит о том, что имеется возможность увеличения режимов резания, применения много инструментальной обработки.

На валу имеются в наличии поверхности, к которым предъявляются высокие требования по точности (шейки вала, резьбовые поверхности), что ведёт к увеличению

трудоемкости и перерасходу средств на изготовление детали в свою очередь к увеличению себестоимости детали, но в свою очередь допускает применение станков нормальной точности.

Нетехнологичными являются следующие элементы: резьба, два сквозных отверстия с пересекающимися осями и перпендикулярны образующей. При их обработке возможен увод сверла. Следовательно, для их получения необходимо использовать специальное приспособление.

Также нетехнологичными элементами являются зубья; шлицы, которые имеют эвольвентный и прямоугольный профили. С точки зрения механической обработки шлицевые и зубчатые поверхности нетехнологичны, так как операция нарезания зубьев и шлицев со снятием стружки производится в основном малопроизводительными методами.

Вал имеет значительные перепады по диаметру – максимальный 108 мм, минимальный 42 мм. Остальные обрабатываемые поверхности с точки зрения обеспечения точности и шероховатости не представляют технологических трудностей.

Вал подвергается термообработке, что свидетельствует об усложненном технологическом процессе его получения.

Количественная оценка технологичности конструкции детали

Необходимость количественной оценки технологичности конструкции деталей, а также номенклатура показателей и методика их определения устанавливаются 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.

Количественная оценка эксплуатационной и ремонтной технологичности конструкции изделия проводится обязательно при затратах на эксплуатацию и ремонт сопоставимых или превышающих затраты на его производство.

Для количественной оценки технологичности конструкции детали из предусмотренной номенклатуры показателей технологичности рекомендуется применять следующие:

При проведении количественного анализа определяют показатели унификации и показатели обработки.

**9.1. Показатель материалоемкости**, который характеризуется коэффициентом использования материала

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_z}$$

где  $M_d$  – масса детали, кг; принимаем условно  $M_d = 11,20$  кг,

$M_z$  – масса заготовки, кг; принимаем условно  $M_z = 16,5$  кг, следовательно  $K_{им} = 0,678$

Базовое значение показателя  $K_{им} = 0,7$ . Если расчетное значение коэффициента использования материала выше базового, то можно сказать, что выбранным методом получения заготовки и ее конфигурация удовлетворяют требованиям технологичности.



## 9.2 Коэффициент унификации конструктивных элементов

$$K_{у.э} = Q_{у.э} / Q_{э} ,$$

где  $Q_{у.э}$  и  $Q_{э}$  – соответственно число унифицированных конструктивных элементов детали и общее, шт.;

$$K_{у.э} = 5/17 = 0,29$$

К унифицированным поверхностям относятся стандартные канавки, фаски, центровочные гнезда, зубчатые, шлицевые, шпоночные поверхности; гладкие цилиндрические и плоские поверхности, если их номинальный размер принадлежит одному из рядов номинальных линейных размеров и допуск размера назначен по квалитетам. Базовое значение показателя  $K_{у.э}=0,8$ .

## 9.3 Коэффициент применяемости стандартизованных обрабатываемых поверхностей

$$K_{п.ст} = D_{о.с} / D_{м.о} ,$$

где  $D_{о.с}$  ,  $D_{м.о}$  – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех, подвергаемых механической обработке поверхностей, шт.;

$$K_{п.ст} = 32/32 = 1$$

## 9.4 Коэффициент обработки поверхностей

$$K_{п.о} = 1 - D_{м.о}/D_{э} ,$$

где  $D_{м.о}$  и  $D_{э}$  соответственно число поверхностей подвергаемых механической обработке и общее число поверхностей, шт.;

$$K_{п.о} = 1 - 32/32 = 0$$

## 9.5 Коэффициент шероховатости поверхности

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}} , \text{ где } B_{ср} = \frac{\sum B_i}{\sum n_i} ,$$

где  $B_i$  - значение параметра шероховатости;

$n_i$  - количество параметров шероховатости.

Минимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей  $R_a = 0,63$  мкм;

$$B_{ср} = \frac{25 + 0,63 + 1,25 \cdot 2 + 13 \cdot 10}{17} = 9,3 \text{ мкм}, \quad K_{ш} = 1 - \frac{1}{9,3} = 0,892$$

Таким образом, проанализировав количественные показатели технологичности для данной детали, следует сказать, что к отрицательным показателям, характеризующим деталь, относятся: коэффициент использования материала, который является ниже среднего ( $0,67 < 0,7$ ). Это говорит о том, что значительная часть материала срезается в стружку, что приводит к снижению технологичности изделия, а также к удорожанию детали. Коэффициент унификации конструктивных элементов показал, что деталь нетехнологична, так как имеет лишь четверть унифицированных конструктивных элементов.

К положительным показателям, характеризующим деталь, относятся: коэффициент применяемости стандартизованных обрабатываемых поверхностей – все поверхности обрабатываются стандартным инструментом.

Таким образом, проанализировав качественные и количественные показатели технологичности детали «Вал-шестерня», можно сделать вывод, что из-за наличия большого количества нетехнологичных элементов, указанных выше, высоких требований к точности обработки, и необходимости термообработки, данный вал является мало технологичным.