

1 Машиностроение – важнейшая отрасль промышленности. Его продукция – машины различного назначения поставляются всем отраслям народного хозяйства.

Весьма актуальна проблема повышения и технологического обеспечения точности в машиностроении. Точность в машиностроении имеет большое значение для повышения эксплуатационных качеств машины и технологии их производства. Решение вопросов точности должно решаться комплексно. Так повышение точности механической обработки снижает трудоемкость сборки в результате устранения пригоночных работ и обеспечения взаимозаменяемости деталей изделия. Особое значение имеет точность при автоматизации производства. С развитием автоматизации производства проблема получения продукции высокого качества становится все более актуальной. Ее решение должно базироваться на глубоком исследовании технологических факторов.

Из изложенного выше следует, что установление заданной точности - ответственная задача конструктора. Точность должна назначаться на основе анализа условий работы машины с учетом экономики ее изготовления и последующей эксплуатации.

2 Определения и основные понятия

Эксплуатационные свойства деталей машин и долговечность их работы в значительной степени зависят от состояния их поверхности.

В отличие от теоретической поверхности деталей, изображаемых на чертеже, реальная поверхность всегда имеет неровности различной формы и высоты, образующиеся в процессе обработки.

Высота, форма, характер расположения и направление неровностей поверхностей обрабатываемых заготовок зависят от ряда причин: режима обработки, условий охлаждения и смазки режущего инструмента, химического состава и микроструктуры обрабатываемого материала, конструкции, геометрии и режущей способности инструмента, типа и состояния оборудования, вспомогательного инструмента и приспособлений.

Различают следующие отклонения от теоретической поверхности: макрогеометрические, волнистость и микрогеометрические.

Макрогеометрические отклонения — единичные, не повторяющиеся регулярно отклонения от теоретической формы поверхности, характеризующиеся большим отношением протяженности поверхности L к величине отклонения h , которое больше 1000.

Макрогеометрические отклонения характеризуют овальность, конусообразность и другие отклонения от правильной геометрической формы.

Волнистость поверхности представляет собой совокупность периодически чередующихся возвышений и впадин с отношением шага волны $L/h = 50 \dots 1000$. Волнистость является следствием вибрации системы СПИД, а также неравномерности процесса резания.

Микрогеометрические отклонения, или микронеровности, образуются при обработке заготовок в результате воздействия режущей кромки инструмента на обрабатываемую поверхность, а также вследствие пластической деформации обрабатываемого материала в процессе резания.

Микронеровности определяют шероховатость (негладкость) обработанной поверхности.

Микрогеометрические отклонения характеризуются небольшим значением отношения шага микронеровностей S к их высоте h

$$S/h < 50 \quad (1)$$

Характер и расположение микронеровностей зависят от направления главного движения при резании и направления движения подачи.

Поперечная шероховатость образуется в направлении, перпендикулярном движению режущего инструмента, а продольная — в параллельном направлении. По ГОСТ 2789—59 шероховатость измеряется в направлении, дающем наибольшее значение шероховатости. Как правило, этим условиям соответствует поперечная шероховатость.

Этим же ГОСТом установлены следующие определения, относящиеся к шероховатости поверхностей (рисунок 1):

- **реальная поверхность** — поверхность, ограничивающая тело и отделяющая его от окружающей среды;
- **неровности** — выступы и впадины реальной поверхности;
- **геометрическая поверхность 1** — поверхность заданной геометрической формы, не имеющая неровностей и отклонений формы;
- **измеренная поверхность 2** — поверхность, воспроизведенная в результате измерения реальной поверхности;
- **реальный профиль** — сечение реальной поверхности плоскостью, ориентированной в заданном направлении по отношению к геометрической поверхности;

- **геометрический профиль 3** — сечение геометрической поверхности плоскостью, ориентированной в заданном направлении по отношению к этой поверхности;
- **измеренный профиль 4** — сечение измеренной поверхности плоскостью, ориентированной в заданном направлении по отношению к геометрической поверхности.

Графическое изображение измеренного профиля называется профилограммой.

3 Параметры оценки и измерение шероховатости поверхности

Для оценки шероховатости поверхности ГОСТ 2789—59 установлены следующие два параметра: среднее арифметическое отклонение профиля $-R_a$ и высота неровностей $-R_z$.

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a есть среднее значение расстояний $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ точек измеренного профиля до его средней линии (рисунок 2):

$$R_a = \left(\frac{\sum y_i}{n} \right) \quad (2)$$

где y_i - абсолютные (без учета алгебраического знака) расстояния до средней линии;

n — число измеренных отклонений.

Средняя линия профиля делит измеряемый профиль таким образом, что в пределах длины участка поверхности, выбираемого для измерения шероховатости, сумма квадратов расстояний $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ точек профиля для этой линии минимальна.

При определении положения средней линии на профилограмме можно использовать следующее условие: средняя линия должна иметь направление измеренного профиля и делить его таким образом, чтобы в пределах базовой длины l площади F по обеим сторонам от этой линии до линии профиля были равны между собой

$$F_1 + F_3 + \dots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + \dots + F_n \quad (3)$$

Длина участка поверхности, выбираемая для измерения шероховатости, называется базовой длиной и обозначается l .

Высота неровностей R_z характеризует среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин, измеренное от линии, параллельной средней линии (см. рисунок 2),

$$R_z = ((h_1 + h_3 + \dots + h_9) - (h_2 + h_4 + \dots + h_{10}))/5 \quad (4)$$

где $h_1, h_3, \dots, h_9$ —расстояние от высших точек выступов до линии, параллельной средней линии;

$h_2, h_4, \dots, h_{10}$ — расстояние от низших точек впадин до линии, параллельной средней линии.

По ГОСТ 2789—59 шероховатость поверхности — это совокупность неровностей с относительно малыми шагами (расстоянием между вершинами характерных неровностей измеренного профиля), образующих рельеф поверхности и рассматриваемых в пределах участка, длина которого выбирается в зависимости от характера поверхности и равна базовой длине.

Шероховатость поверхности появляется в результате обработки независимо от метода и представляет собой сочетание наложенных друг на друга неровностей с различными шагами.

ГОСТ 2789—59 установлены следующие значения базовых длин: 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8 и 25 мм, а также 14 классов чистоты поверхности.

Шероховатость поверхности следует измерять в направлении, которое дает наибольшее значение R_a или R_z , если заранее не указано какое-либо другое определенное направление измерения шероховатости.

Различные дефекты поверхности (царапины, раковины и т. п.) при измерении шероховатости не учитывают.

4 Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей машин

Как указывалось, выше, на эксплуатационные свойства деталей машин существенно влияет шероховатость обработанной поверхности, но не во всех случаях чисто обработанная поверхность является наиболее износоустойчивой, так как удержание смазки на поверхности деталей при различных условиях трения (в зависимости от нагрузки, скорости, материала сопрягаемых деталей и др.) зависит от микронеровностей поверхностей. Поэтому в зависимости от конкретных условий трения устанавливают оптимальную шероховатость поверхности.

На износоустойчивость поверхности влияют сопротивляемость поверхностного слоя разрушению и макрогеометрические отклонения, т. е. отклонения от геометрической формы, которые приводят к неравномерному износу отдельных участков.

Волнистость приводит к увеличению удельного давления, так как трущиеся поверхности соприкасаются с выступами волн; то же происходит и при микронеровностях поверхностей, причем выступы микронеровностей могут деформироваться — сминаться или даже срезаться при движении

одной трущейся поверхности относительно другой. Вершины микронеровностей могут вызывать разрывы масляной пленки, вследствие чего в местах разрывов создается сухое трение.

Во многих случаях прочность деталей машин зависит также от чистоты обработки. Установлено, что наличие рисок, глубоких и острых царапин создает очаги концентрации внутренних напряжений, которые в дальнейшем приводят к разрушению детали. Такими очагами могут являться также впадины между гребешками микронеровностей. Это не относится к деталям, изготовляемым из чугунов и цветных сплавов, в которых концентрация напряжений возможна в меньшей степени.

Прочность прессовых соединений также зависит от шероховатости и особенно от высоты микронеровностей; при запрессовке одной детали в другую фактическая величина натяга зависит от шероховатости поверхности и отличается от величины натяга при запрессовке деталей с гладкими поверхностями для тех же диаметров.

От шероховатости поверхности зависит также устойчивость поверхности против коррозии. Чем выше класс чистоты поверхности, тем меньше площадь соприкосновения с коррелирующей средой, тем меньше влияние среды. Чем глубже впадины микронеровностей и чем резче они очерчены, тем больше разрушающее действие коррозии, направленное в глубь металла.

5 Методы и средства оценки шероховатости поверхности

Шероховатость поверхности оценивают двумя основными методами: качественным и количественным.

Качественный метод оценки основан на сравнении обработанной поверхности с эталоном (образцом) поверхности посредством визуального сопоставления, сопоставления ощущений при ощупывании рукой (пальцем, ладонью, ногтем) и сопоставления результатов наблюдений под микроскопом.

Визуальным способом можно достаточно точно определять класс чистоты поверхности, за исключением весьма тонко обработанных поверхностей.

Эталоны, применяемые для оценки визуальным способом шероховатости поверхности, должны быть изготовлены из тех же материалов, с такой же формой поверхности и тем же методом, что и деталь.

Качественную оценку весьма тонко обработанных поверхностей следует производить с помощью микроскопа; можно пользоваться лупой с пятикратным и большим увеличением.

Количественный метод оценки заключается в измерении микронеровностей поверхности с помощью приборов: профилографа К. М. Аммона, профилографа Б. М. Левина (модели ИЗП-17 и ИЗП-5), двойного микроскопа и микроинтерферометра В. П. Лннника, профилометра В. М. Киселева и др.

Схема профилографа Б-М. Левина (модель ИЗП-17) приведена на рисунке 3.

Луч света от лампы 1 падает на зеркало 8 и 7, проходя через линзу 2, щель 3 и оптическую систему 5.

Зеркало 8 связано с ошупывающей иглой. Луч света, отраженный от зеркала 7 и затем от зеркала 8, проходит оптическую систему 6, попадая на зеркало 4 и далее на цилиндрическую линзу 14, проектирует изображение щели 3 на светочувствительную пленку 13, расположенную на барабане 12. Изображение щели проектируется в виде световой точки.

Деталь 10, поверхность которой подвергается измерению, располагается на верхнем диске стола 11, которому придается поступательное движение относительно иглы 9 с одновременным вращением барабана 12.

Скорость снятия профилограммы может меняться изменением скорости вращения барабана. Скорость перемещения стола 11 не зависит от скорости вращения барабана 12, что обеспечивает получение трех горизонтальных масштабов с увеличением 25 и 50.

Размеров вертикального увеличения в пределах 250 — 5000 достигают сменой объектива 6 и установкой иглы 9 в различные отверстия рычага.

От вертикального увеличения зависит максимальная высота микронеровностей, записываемая на барабане 12; от горизонтального увеличения зависит длина профилируемого участка (1,75 — 7 мм) исследуемой поверхности.

Для измерения микронеровностей в пределах от 4-го до 14-го классов чистоты поверхности применяют профилометр конструкции В. М. Киселева, принцип действия которого заключается в возбуждении электродвижущей силы в результате колебательных движений ошупывающей иглы.

На рисунке 4 приведена схема этого профилометра (модель КВ-7). Игла 1 с алмазным наконечником, радиус закругления которого 12 мкм, подвешена на пружинах 2. Нижний конец ее ошупывает неровности поверхности детали,

а верхний связан с индукционной катушкой 3, которая перемещается в магнитном поле полюсов 4 и 6 магнита 5. Возбуждаемые этим перемещением малые токи усиливаются и отмечаются гальванометром.

Датчик перемещается по проверяемой поверхности со скоростью 10—20 мм/сек. Давление иглы на поверхность проверяемой детали в пределах 0,5—2,5 гс/мм².

При подключении к профилометру осциллографа можно получить профилограмму исследуемой поверхности.

Для измерения шероховатости поверхности от 3-го до 9-го классов чистоты применяют двойной микроскоп В. П. Линника (рисунок 5).

Прибор состоит из двух частей: микроскопа *A* для освещения исследуемой поверхности, микроскопа *B* для наблюдения и измерения профиля поверхности. Оси обеих частей микроскопа наклонены под углом 45° к исследуемой поверхности с совпадением точек пересечения осей с предметными точками объективов.

В плоскости изображения объектива 3 микроскопа *A* расположена перпендикулярно плоскости оси микроскопа щель 2 с освещением от источника света 1. Объектив 3, уменьшая, дает изображение a_1 щели 2 на проверяемой плоскости *P* в виде узкой светящейся линии. При отсутствии на участке поверхности *P* микронеровностей объектив 4 микроскопа *B* в плоскости сетки окуляра 5 даст изображение a_2 той же узкой светящейся линии, а также изображение близлежащего участка исследуемой поверхности.

При том же расположении микроскопов *A* и *B* при наличии микронеровностей h часть пучка света, отраженная от участка поверхности P_1 , при наблюдении будет казаться выходящей из точки a_1 или из точки a'_1 поверхности P'_1 , расположенной на расстоянии $2h$ ниже поверхности *P*. Тогда изображение точки a'_2 на сетке окуляра 5 будет на расстоянии h' от оси микроскопа *B*, равном

$$h' = 2 \cdot x \cdot h \cdot \sin 45^\circ \quad (5)$$

где x — увеличение объектива 4.

Для измерений высоты неровностей в микроскопе *B* установлен окулярный микрометр.

Двойной микроскоп В. П. Линника позволяет также фотографировать исследуемую поверхность с высоты неровностей от 0,9 до 60 мкм.

Для измерения микронеровностей от 0,1 до 6 мкм с увеличением от 400 до 500 применяют микроинтерферометры В. П. Линника с

интерференционными полосами, соответствующими профилю исследуемой поверхности в данном сечении (рис. 6). С помощью окуляра производят отсчеты величины a , выражающей величину высоты микронеровностей, и отсчет величины b , соответствующей расстоянию между двумя соседними интерференционными полосами, тогда высота микронеровности

$$h=0,25*(a/b),\text{мкм} \quad (6)$$

Для определения шероховатости поверхности в труднодоступных местах применяют метод снятия с исследуемой поверхности слепков, шероховатость поверхности которых служит в дальнейшем критерием оценки с помощью указанных выше приборов. Искажение профиля исследуемой поверхности при снятии слепка практически не превышает 2 - 3%.

В качестве материалов для слепков обычно применяют целлулоид, растворимый в ацетоне. Для получения слепка целлулоид опускают на непродолжительное время (2 — 3 мин} в ацетон, затем прикладывают к исследуемой поверхности и сушат в течение 10 — 50 мин (в зависимости от шероховатости обработанной поверхности).

При технологической целесообразности для оценки микрогеометрии поверхности применяют также метод среза.

Исследуемую поверхность покрывают слоем хрома толщиной 5—10 мкм, а затем производят срез под углом 1 — 2°; срезанную плоскость травят, после чего фотографируют.

Фотоснимок представляет собой профилограмму, у которой горизонтальным увеличением является увеличение, полученное при фотографировании, а вертикальным является горизонтальное увеличение, умноженное на увеличение, полученное от косого среза.

Увеличение от косого среза при угле среза 1° составляет 60, а при угле среза 2° — 30 раз. С помощью косого среза можно получить профилограмму с вертикальным увеличением до 8000.

6 Зависимость шероховатости поверхностей и точности от видов обработки

Практикой и исследованиями определены взаимосвязи между видами обработки и шероховатостью (классами чистоты) поверхности. Так, например, установлено, что средняя высота неровностей не должна превышать 10 — 25% от допуска на обработку. Это позволило установить достижимую чистоту поверхности для различных видов обработки, а с учетом затрат, необходимых для достижения заданной чистоты, не

превышающих затрат при любом другом способе обработки, и экономически достижимую чистоту поверхности.

7 Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей машин

Как указывалось выше, на эксплуатационные свойства деталей машин существенно влияет шероховатость обработанной поверхности, но не во всех случаях чисто обработанная поверхность является наиболее износоустойчивой, так как удержание смазки на поверхности деталей при различных условиях трения (в зависимости от нагрузки, скорости, материала сопрягаемых деталей и др.) зависит от микронеровностей поверхностей. Поэтому в зависимости от конкретных условий трения устанавливают оптимальную шероховатость поверхности.

На износоустойчивость поверхности влияют сопротивляемость поверхностного слоя разрушению и макрогеометрические отклонения, т. е. отклонения от геометрической формы, которые приводят к неравномерному износу отдельных участков.

Волнистость приводит к увеличению удельного давления, так как трущиеся поверхности соприкасаются с выступами волн; то же происходит и при микронеровностях поверхностей, причем выступы микронеровностей могут деформироваться — сминаться или даже срезаться при движении одной трущейся поверхности относительно другой. Вершины микронеровностей могут вызывать разрывы масляной пленки, вследствие чего в местах разрывов создается сухое трение.

Во многих случаях прочность деталей машин зависит также от чистоты обработки. Установлено, что наличие рисок, глубоких и острых царапин создает очаги концентрации внутренних напряжений, которые в дальнейшем приводят к разрушению детали. Такими очагами могут являться также впадины между гребешками микронеровностей. Это не относится к деталям, изготовляемым из чугунов и цветных сплавов, в которых концентрация напряжений возможна в меньшей степени.

Прочность прессовых соединений также зависит от шероховатости и особенно от высоты микронеровностей; при запрессовке одной детали в другую фактическая величина натяга зависит от шероховатости поверхности и отличается от величины натяга при запрессовке деталей с гладкими поверхностями для тех же диаметров.

От шероховатости поверхности зависит также устойчивость поверхности против коррозии. Чем выше класс чистоты поверхности, тем

меньше площадь соприкосновения с коррелирующей средой, тем меньше влияние среды. Чем глубже впадины микронеровностей и чем резче они очерчены, тем больше разрушающее действие коррозии, направленное в глубь металла.

8 Методы и средства оценки шероховатости поверхности

Шероховатость поверхности оценивают двумя основными методами: качественным и количественным.

Качественный метод оценки основан на сравнении обработанной поверхности с эталоном (образцом) поверхности посредством визуального сопоставления, сопоставления ощущений при ощупывании рукой (пальцем, ладонью, ногтем) и сопоставления результатов наблюдений под микроскопом.

Визуальным способом можно достаточно точно определять класс чистоты поверхности, за исключением весьма тонко обработанных поверхностей.

Эталоны, применяемые для оценки визуальным способом шероховатости поверхности, должны быть изготовлены из тех же материалов, с такой же формой поверхности и тем же методом, что и деталь.

Качественную оценку весьма тонко обработанных поверхностей следует производить с помощью микроскопа; можно пользоваться лупой с пятикратным и большим увеличением.

Количественный метод оценки заключается в измерении микронеровностей поверхности с помощью приборов: профилографа К. М. Аммона, профилографа Б. М. Левина (модели ИЗП-17 и ИЗП-5), двойного микроскопа и микроинтерферометра В. П. Лннника, профилометра В. М. Киселева и др.

Схема профилографа Б-М. Левина (модель ИЗП-17) приведена на рисунке 3.

Луч света от лампы 1 падает на зеркало 8 и 7, проходя через линзу 2, щель 3 и оптическую систему 5.

Зеркало 8 связано с ощупывающей иглой. Луч света, отраженный от зеркала 7 и затем от зеркала 8, проходит оптическую систему 6, попадая на зеркало 4 и далее на цилиндрическую линзу 14, проектирует изображение щели 3 на светочувствительную пленку 13, расположенную на барабане 12. Изображение щели проектируется в виде световой точки.

Деталь 10, поверхность которой подвергается измерению, располагается на верхнем диске стола 11, которому придается поступательное движение относительно иглы 9 с одновременным вращением барабана 12.

Скорость снятия профилограммы может меняться изменением скорости вращения барабана. Скорость перемещения стола 11 не зависит от скорости вращения барабана 12, что обеспечивает получение трех горизонтальных масштабов с увеличением 25 и 50.

Размеров вертикального увеличения в пределах 250 — 5000 достигают сменой объектива 6 и установкой иглы 9 в различные отверстия рычага.

От вертикального увеличения зависит максимальная высота микронеровностей, записываемая на барабане 12; от горизонтального увеличения зависит длина профилируемого участка (1,75 — 7 мм) исследуемой поверхности.

Для измерения микронеровностей в пределах от 4-го до 14-го классов чистоты поверхности применяют профилометр конструкции В. М. Киселева, принцип действия которого заключается в возбуждении электродвижущей силы в результате колебательных движений ощупывающей иглы.

На рисунке 4 приведена схема этого профилометра (модель КВ-7). Игла 1 с алмазным наконечником, радиус закругления которого 12 мкм, подвешена на пружинах 2. Нижний конец ее ощупывает неровности поверхности детали, а верхний связан с индукционной катушкой 3, которая перемещается в магнитном поле полюсов 4 и 6 магнита 5. Возбуждаемые этим перемещением малые токи усиливаются и отмечаются гальванометром.

Датчик перемещается по проверяемой поверхности со скоростью 10—20 мм/сек. Давление иглы на поверхность проверяемой детали в пределах 0,5—2,5 гс/мм².

При подключении к профилометру осциллографа можно получить профилограмму исследуемой поверхности.

Для измерения шероховатости поверхности от 3-го до 9-го классов чистоты применяют двойной микроскоп В. П. Линника (рисунок 5).

Прибор состоит из двух частей: микроскопа А для освещения исследуемой поверхности, микроскопа Б для наблюдения и измерения профиля поверхности. Оси обеих частей микроскопа наклонены под углом 45° к исследуемой поверхности с совпадением точек пересечения осей с предметными точками объективов.

В плоскости изображения объектива 3 микроскопа А расположена перпендикулярно плоскости оси микроскопа щель 2 с освещением от источника света 1. Объектив 3, уменьшая, дает изображение a_1 щели 2 на проверяемой плоскости Р в виде узкой светящейся линии. При отсутствии на участке поверхности Р микронеровностей объектив 4 микроскопа Б в

плоскости сетки окуляра 5 даст изображение a_2 той же узкой светящейся линии, а также изображение близлежащего участка исследуемой поверхности.

При том же расположении микроскопов A и B при наличии микронеровностей h часть пучка света, отраженная от участка поверхности P_1 , при наблюдении будет казаться выходящей из точки a_1 или из точки a'_1 поверхности P'_1 , расположенной на расстоянии $2h$ ниже поверхности P . Тогда изображение точки a'_2 на сетке окуляра 5 будет на расстоянии h' от оси микроскопа B , равном

$$h' = 2 \cdot x \cdot h \cdot \sin 45^\circ \quad (5)$$

где x — увеличение объектива 4.

Для измерений высоты неровностей в микроскопе B установлен окулярный микрометр.

Двойной микроскоп В. П. Линника позволяет также фотографировать исследуемую поверхность с высоты неровностей от 0,9 до 60 мкм.

Для измерения микронеровностей от 0,1 до 6 мкм с увеличением от 400 до 500 применяют микроинтерферометры В. П. Линника с интерференционными полосами, соответствующими профилю исследуемой поверхности в данном сечении (рис. 6). С помощью окуляра производят отсчеты величины a , выражающей величину высоты микронеровностей, и отсчет величины b , соответствующей расстоянию между двумя соседними интерференционными полосами, тогда высота микронеровности

$$h = 0,25 \cdot (a/b), \text{ мкм} \quad (6)$$

Для определения шероховатости поверхности в труднодоступных местах применяют метод снятия с исследуемой поверхности слепков, шероховатость поверхности которых служит в дальнейшем критерием оценки с помощью указанных выше приборов. Искажение профиля исследуемой поверхности при снятии слепка практически не превышает 2 - 3%.

В качестве материалов для слепков обычно применяют целлулоид, растворимый в ацетоне. Для получения слепка целлулоид опускают на непродолжительное время (2 — 3 мин) в ацетон, затем прикладывают к исследуемой поверхности и сушат в течение 10 — 50 мин (в зависимости от шероховатости обработанной поверхности).

При технологической целесообразности для оценки микрогеометрии поверхности применяют также метод среза.

Исследуемую поверхность покрывают слоем хрома толщиной 5—10 мкм, а затем производят срез под углом $1 - 2^\circ$; срезанную плоскость травят, после чего фотографируют.

Фотоснимок представляет собой профилограмму, у которой горизонтальным увеличением является увеличение, полученное при фотографировании, а вертикальным является горизонтальное увеличение, умноженное на увеличение, полученное от косого среза.

Увеличение от косого среза при угле среза 1° составляет 60, а при угле среза 2° — 30 раз. С помощью косого среза можно получить профилограмму с вертикальным увеличением до 8000.

9 Зависимость шероховатости поверхностей и точности от видов обработки

Практикой и исследованиями определены взаимосвязи между видами обработки и шероховатостью (классами чистоты) поверхности. Так, например, установлено, что средняя высота неровностей не должна превышать 10 — 25% от допуска на обработку. Это позволило установить достижимую чистоту поверхности для различных видов обработки, а с учетом затрат, необходимых для достижения заданной чистоты, не превышающих затрат при любом другом способе обработки, и экономически достижимую чистоту поверхности.

Вопросы для самоконтроля:

- 1) Что такое шероховатость?
- 2) Как обозначается шероховатость на чертежах?
- 3) Как влияет шероховатость на эксплуатационные свойства деталей машин?