

ОХОТИН И.С.

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ МЕТОДОМ НА БОЛЬШОМ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ МИКРОСКОПЕ**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Номинальный профиль метрической резьбы по ГОСТ 9150–81 и основные элементы резьбы, общие для наружной и внутренней резьбы (болта и гайки), показаны на рис. 1.

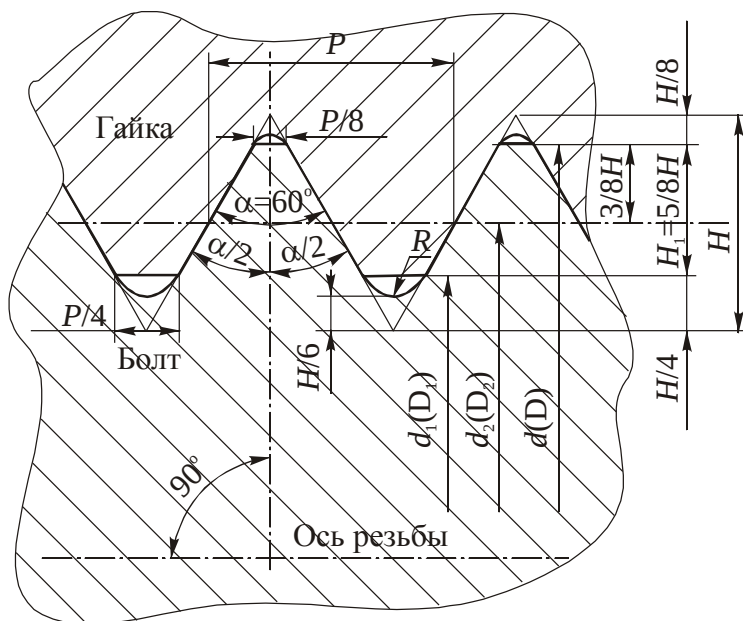


Рис. 1

Профиль метрической резьбы представляет собой треугольник с углом при вершине, равным 60° , с плоским срезом по наружному диаметру и плоской или закругленной формой впадины. Закругленная форма впадины резьбы болта повышает циклическую долговечность болтов и их статическую прочность, поэтому такая форма является предпочтительной. Форма впадины резьбы гайки не регламентируется.

К основным элементам резьбы относятся:

- d и D – наружный (номинальный) диаметр соответственно наружной и внутренней резьбы (болта и гайки);
- d_1 и D_1 – внутренний диаметр соответственно болта и гайки;

- d_2 и D_2 – средний диаметр соответственно болта и гайки;
- P – шаг резьбы;
- H – высота исходного профиля;
- H_1 – рабочая высота профиля;
- R – номинальный радиус закругления впадины болта;
- α – угол профиля резьбы.

Основные элементы резьбы определяются в зависимости от номинального диаметра и шага.

$$d_2 = d - 2 \cdot 3/8H = d - 0,6495 \cdot P; \quad D_2 = D - 2 \cdot 3/8H = D - 0,6495 \cdot P;$$

$$d_1 = d - 2 \cdot 5/8H = d - 1,0825 \cdot P; \quad D_1 = D - 2 \cdot 5/8H = D - 1,0825 \cdot P;$$

$$H = \sqrt{3} / 2 \cdot P; \quad H_1 = 5/8 \cdot H; \quad R = H / 6 = 0,144 \cdot P.$$

$$\text{Угол подъема резьбы } \psi = 18,25P / \pi d_2; \quad \operatorname{tg} \psi = P \cdot n / \pi d_2.$$

Значения номинальных диаметров резьбы в диапазоне от 0,25 до 600 мм и шагов в диапазоне от 0,075 до 6 мм приведены в ГОСТ 8724–81. Весь диапазон номинальных диаметров разбит на три ряда, причем первый ряд следует предпочитать второму, а второй третьему. Каждому номинальному диаметру соответствуют определенные значения крупных и мелких шагов. Например, для диаметра 20 мм устанавливаются шаги 2,5; 1,5; 1; 0,75 и 0,5 мм. Самый большой шаг из ряда называют крупным шагом, остальные – мелкими шагами.

Стандартом установлены три группы свинчивания (по сути, это высота гайки):

- S – короткие;
- N – нормальные;
- L – длинные.

К нормальной длине свинчивания относят группы от $2,24 \cdot P \cdot d^{0,2}$ до $6,7 \cdot P \cdot d^{0,2}$. Длины свинчивания меньше нормальных относят к группе S , а больше – к группе L .

Обозначение на чертежах метрической резьбы с крупным шагом включает букву М и число, указывающее наружный диаметр резьбы в мм, например М20, М12 (величина шага не указывается).

В обозначении резьбы с мелкими шагами ставится буква М, затем диаметр и через знак $\times$ – шаг резьбы, например М20 $\times$ 1,5.

Для метрической резьбы нормируется допуск следующих элементов: допуск наружного диаметра болта T_d ; допуск внутреннего диаметра гайки T_{D_1} , допуски среднего диаметра болта и гайки T_{d_2} , T_{D_2} (рис. 2).

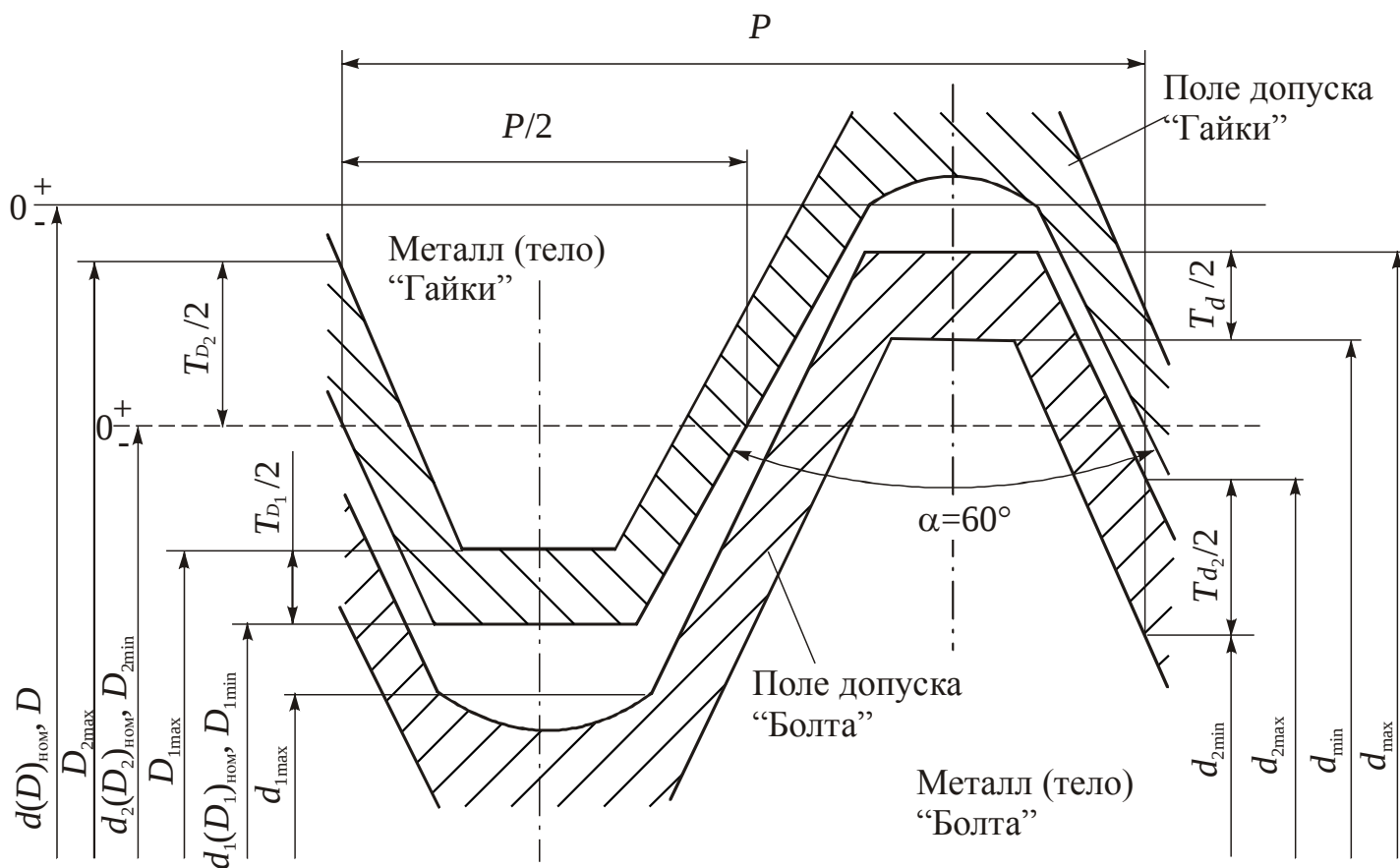


Рис. 2

Таким образом, точность наружного диаметра гайки и внутреннего диаметра болта не нормируется совсем и ограничивается размерами резьбообрабатывающего инструмента, на который указаны нормы точности. Фактически для D и d_1 нормируется только одно отклонение, соответствующее номинальному профилю, а именно верхнее отклонение es для d_1 и нижнее отклонение EI для D .

Для резьбовых соединений, аналогично цилиндрическим соединениям, предусмотрено три вида посадок: с зазором, с натягом и переходные.

Посадки осуществляются по среднему диаметру (по боковым сторонам профиля), поэтому допуск на средний диаметр болта T_{d_2} и средний диаметр гайки T_{D_2} всегда меньше допуска на наружный диаметр болта T_d и допуска на внутренний диаметр гайки T_{D_1} .

Система допусков должна обеспечивать как свинчиваемость, так и прочность резьбового соединения. Из нескольких разновидностей метрических резьб наиболее широко применяется и действительно является универсальной только резьба с зазорами. Систему допусков для посадок с зазором у метрических резьб общего назначения, имеющих шаг от 0,2 до 6 мм (при диаметрах от 1 до 600 мм), устанавливает ГОСТ 16093–81.

ГОСТ 16093–81 устанавливает для метрических резьб степени точности от 3 до 9, которые для ряда диаметров назначают лишь выборочно.

Все отклонения и допуски отсчитывают от номинального профиля в направлении, перпендикулярном оси резьбы (рис. 2). На схемах принято указывать половинные величины, полагая вторые половины расположенными на диаметрально противоположных профилях изделия.

Положение полей допусков резьбы относительно элементов номинального профиля определяется основным отклонением. Для наружных резьб предусмотрено пять верхних отклонений es («в тело»), обозначаемых в порядке возрастания зазора буквами h, g, f, e, d ; для внутренних резьб четыре нижних отклонения EI («в тело»), обозначаемых H, G, F, E (рис. 3). Выбранная величина основного отклонения соблюдается единой по всему периметру профиля, т.е. распространяется и на ненормируемые диаметры d_1 или D .

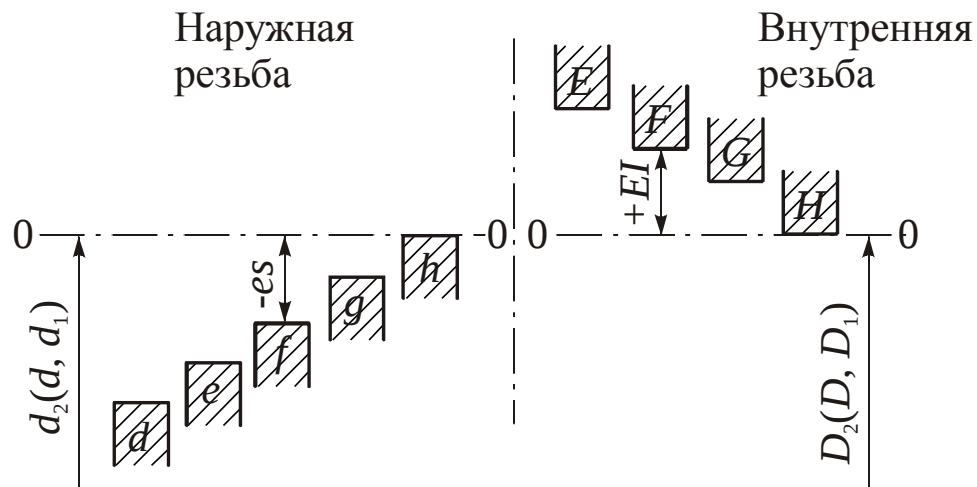


Рис. 3

Условное обозначение поля допуска среднего диаметра резьбы состоит из цифры, соответствующей принятой степени точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например $6g$, $8H$, что отличает поля допусков резьбы от полей допусков гладких соединений. При необходимости разрешается комбинировать степени точности по двум диаметрам одной резьбы. В этом случае в обозначении последовательно указывают два поля допуска, сначала по среднему, а затем по второму нормируемому диаметру, например $M24-4H6H$.

Посадку резьбовых деталей обозначают дробью, в числителе указывают поле допуска внутренней резьбы (гайки), а в знаменателе – наружной резьбы (болта). Например:

$$M12 \times 1 - \frac{6H}{6g}; M20 - \frac{4H5H}{4h}.$$

Для метрической резьбы отдельно не нормируются требования к точности (допуски) шага и угла профиля резьбы. Это объясняется тем, что нормирование точности этих элементов связано со средним диаметром. Допуск среднего диаметра является суммарным и учитывает допускаемые отклонения собственно среднего диаметра, шага и угла профиля.

Значение среднего диаметра с учетом погрешности шага и угла профиля называют приведенным средним шагом.

Свинчиваемость болта и гайки, имеющих погрешности шага и угла профиля, можно обеспечить за счет уменьшения среднего диаметра болта или увеличения среднего диаметра гайки.

Величина, на которую надо уменьшить средний диаметр болта или увеличить средний диаметр гайки, называется диаметральной компенсацией погрешности шага и погрешности угла профиля.

При погрешности шага необходимо подсчитать диаметральную компенсацию по формуле:

$$f_P = 1,732 \cdot \Delta P, [\text{мкм}],$$

где ΔP – погрешность шага в мкм.

При погрешности угла профиля подсчитывается диаметральная компенсация по формуле:

$$f_\alpha = 0,36 \cdot P \cdot \Delta \frac{\alpha}{2}, [\text{мкм}],$$

где P – стандартный шаг резьбы в мм, $\Delta \frac{\alpha}{2}$ – погрешность половины угла профиля резьбы в угловых минутах.

Чтобы дать заключение о годности резьбового изделия, нужно определить приведенный средний диаметр, а если значение приведенного среднего диаметра болта находится в пределах допуска на средний диаметр болта, то болт годен. Также оценивают годность гайки.

Значение приведенного среднего диаметра для наружной резьбы (болта) определяют по формуле:

$$d_{2\text{привед}} = d_{2\text{д}} + (f_P + f_\alpha) \cdot 10^{-3}, [\text{мм}].$$

Значение приведенного среднего диаметра для внутренней резьбы (гайки) определяют по формуле

$$D_{2\text{привед}} = D_{2\text{д}} - (f_P + f_\alpha) \cdot 10^{-3}, [\text{мм}].$$

Это условные диаметры, которые включают отклонения шага и отклонения (погрешности) половины угла профиля. Приведенный средний диаметр резьбы непосредственно на готовом изделии измерить невозможно. Приведенный средний диаметр можно рассчитать, измерив по отдельности собственно средний диаметр $D_{2\text{д}}$ или $d_{2\text{д}}$ погрешности шага ΔP у болта или гайки, погрешность половины угла профиля $\Delta \frac{\alpha}{2}$ у болта или гайки.

В данной работе для оценки годности резьбы используется большой микроскоп инструментальный (БМИ). Этот микроскоп позволяет с высокой точностью измерять линейные размеры, диаметры, углы, размеры конусов и т.д.

Большой инструментальный микроскоп имеет массивное литое основание, на котором смонтированы стол предметный с двумя каретками, которые могут перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях (продольном и поперечном). Точное перемещение кареток обеспечивается микрометрическими винтами с диапазоном измерения 0–25 мм и ценой деления отсчетного устройства 0,005 мм. Диапазон измерений может быть увеличен в продольном направлении до 0–150 мм, а в поперечном – до 0–50 мм путем установки концевых мер длины между упором стола и торцом микровинта. Верхнюю часть стола можно поворачивать на 360°. Угол поворота стола определяют по нониусу с ценой деления 3′.

На вертикальной стойке перемещается с помощью реечной передачи кронштейн с тубусом. Сверху на тубусе закрепляют угломерную окулярную головку с визирным и отсчетным микроскопами.

Оптическая система позволяет, используя сменные объективы, получать увеличенное изображение объекта измерения в 10, 15, 30 и 50 раз.

Диапазон угловых измерений 0–360° при цене деления шкалы угломерной головки 1′.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что такое наружный, внутренний, средний и приведенный диаметр резьбы?
2. Изобразите поле допуска по контуру резьбового соединения с $S_{\min} = 0$. Для этого соединения постройте схемы расположения полей допусков по наружному, среднему и внутреннему диаметрам.
3. Как обозначаются резьбы и резьбовые соединения на чертежах?
4. Почему отдельно не нормируются стандартом отклонения шага и половины угла профиля резьбы?
5. Почему в стандарт помимо степени точности резьбы введено понятие класса точности?
6. Как оценивается годность резьбы?

ГЛОССАРИЙ

БОКОВАЯ СТОРОНА РЕЗЬБЫ – часть винтовой поверхности резьбы, расположенная между вершиной и впадиной резьбы и имеющая в плоскости осевого сечения прямолинейный профиль.

ВЕРХНЕЕ ПРЕДЕЛЬНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ES , es – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

ВЕРШИНА РЕЗЬБЫ – часть винтовой поверхности резьбы, соединяющая смежные боковые стороны резьбы по верху ее выступа.

ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ – диаметр воображаемого прямого кругового цилиндра, вписанного во впадины наружной или вершины внутренней цилиндрической резьбы.

ВНУТРЕННЯЯ РЕЗЬБА – резьба, образованная на внутренней прямой круговой цилиндрической или прямой круговой конической поверхности.

ВПАДИНА РЕЗЬБЫ – часть винтовой поверхности резьбы, соединяющая смежные боковые стороны резьбы по дну ее канавки.

ВЫСОТА ПРОФИЛЯ РЕЗЬБЫ – расстояние между вершиной и впадиной резьбы в плоскости осевого сечения в направлении, перпендикулярном к оси резьбы.

ВЫСТУП РЕЗЬБЫ – выступающая часть материала детали, ограниченная винтовой поверхностью резьбы.

ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ РАЗМЕР – размер, установленный измерением с допускаемой погрешностью.

ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЙ – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерения.

ДИАПАЗОН ПОКАЗАНИЙ – область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.

ДЛИНА СВИНЧИВАНИЯ – длина участка взаимного перекрытия наружной и внутренней резьб в осевом направлении.

ДОПУСК РАЗМЕРА (T) – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютное значение алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

ИЗМЕРЕНИЕ – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

НАРУЖНАЯ РЕЗЬБА – резьба, образованная на наружной прямой круговой цилиндрической или прямой круговой конической поверхности.

НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ – диаметр воображаемого прямого кругового цилиндра, описанного вокруг вершин наружной или впадин внутренней цилиндрической резьбы.

НИЖНЕЕ ПРЕДЕЛЬНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ EI , ei – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

НОМИНАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР РЕЗЬБЫ – диаметр, условно характеризующий размеры резьбы и используемый при ее обозначении.

НОМИНАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ – профиль наружной или внутренней цилиндрической резьбы, который определен номинальными размерами его линейных и угловых элементов и к которому относятся номинальные размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы.

НОМИНАЛЬНЫЙ РАЗМЕР (D , d , l и др.) – размер, который служит началом отсчета отклонений и относительно которого определяют предельные размеры.

ОСЬ РЕЗЬБЫ – ось, относительно которой образована винтовая поверхность резьбы.

ОТКЛОНЕНИЕ – алгебраическая разность между размером (действительным или предельным размером) и соответствующим номинальным размером.

ПОЛЕ ДОПУСКА РЕЗЬБЫ – совокупность полей допусков наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕТАЛИ – два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться, или которым может быть равен действительный размер годной детали. Большой из них называют наибольшим предельным размером, меньший – наименьшим предельным размером.

ПРИВЕДЕННЫЙ СРЕДНИЙ ДИАМЕТР ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ – средний диаметр воображаемой идеальной цилиндрической резьбы, которая имеет те же шаг и углы наклона боковых сторон, что и основной или номинальный профиль резьбы, и длину, равную заданной длине свинчивания, и которая плотно, без взаимного смещения или натяга, сопрягается с реальной резьбой по боковым сторонам резьбы.

ПРОФИЛЬ РЕЗЬБЫ – профиль выступа и канавки резьбы в плоскости осевого сечения резьбы.

РЕЗЬБА – чередующиеся выступы и впадины на поверхности тел вращения, расположенные по винтовой линии.

РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ – соединение двух деталей с помощью резьбы, в которой одна из деталей имеет наружную резьбу, а другая – внутреннюю.

СРЕДНИЙ ДИАМЕТР ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ – диаметр воображаемого, соосного с резьбой прямого кругового цилиндра, каждая образующая которого пересекает профиль резьбы таким образом, что ее отрезки, образованные при пересечении с канавкой, равны половине номинального шага резьбы.

СУММАРНЫЙ ДОПУСК СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБЫ – допуск, ограничивающий отклонения как приведенного среднего диаметра, так и среднего диаметра резьбы.

УГОЛ ПРОФИЛЯ РЕЗЬБЫ – угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости осевого сечения.

ЦЕНА ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ – разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА – резьба, образованная на боковой поверхности прямого кругового цилиндра.

ШАГ РЕЗЬБЫ – расстояние по линии, параллельной оси резьбы между средними точками ближайших одноименных боковых сторон профиля резьбы, лежащими в одной осевой плоскости по одну сторону от оси резьбы.

ШКАЛА – часть отсчетного устройства, представляющая собой совокупность отметок и проставленных у некоторых из них чисел отсчета или других символов, соответствующих ряду последовательных значений величины.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

1. Анухин В.И. Допуски и посадки. – СПб.: Питер, 2004. – 2007 с.
2. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – СПб.: Питер, 2006. – 432 с.
3. Марков Н.Н., Ганевский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов. – М.: Машиностроение, 1993. – 416 с.
4. Марков Н.Н., Осипов В.В., Шабалина М.Б. Нормирование точности в машиностроении. – М.: Высш. шк.: Издательский центр «Академия», 2001. – 335 с.
5. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения/ Я.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов – 6-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1987. – 352 с.

Internet-ресурсы

6. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fcior.edu.ru>, вход свободный.
7. Чертежная документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gk-drawing.ru/tables/thread-metric/>
8. НПО «ФАКЕЛ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chelzavod.ru>, вход свободный.
9. ГОСТ ЭКСПЕРТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/gost/gost-16093-2004>, <http://gostexpert.ru/gost/gost-11708-82>, вход свободный.