

УДК 389
В31

Рецензент
проф. д-р техн. наук *Б.А. Романцев*

А.Н. Веремеевич

В31 Метрология, стандартизация и сертификация. Р. Основы взаимозаменяемости: Курс лекций. – М.: МИСиС, 2004. – 99 с.

Рассмотрены вопросы стандартизации и сертификации. Особое внимание уделено системе процессов управления качеством изделий машиностроения, обеспечивающей взаимозаменяемость деталей машин и агрегатов.

Освоение данного материала является частью профессиональной подготовки специалистов в высших учебных заведениях. Сведения, полученные студентами, практически осваиваются, закрепляются и развиваются при последующем использовании их в общих и специальных дисциплинах, а также в курсовых и дипломных проектах.

Предназначен для студентов специальностей 170300 и 110600.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Краткая история развития стандартизации и управления качеством в машиностроении	4
2. Взаимозаменяемость и ее роль в повышении качества продукции и экономичности производства.....	9
3. Качество. Основные свойства и показатели.....	14
3.1. Качество продукции. Управление качеством продукции	18
3.2. Всеобщее управление качеством.....	25
4. Реализация идей TQM в международных стандартах ИСО 9000:2000	27
4.1. Восемь признаков менеджмента качества	30
5. Стандартизация	34
5.1. Российские организации по стандартизации.....	36
5.2. Международные организации по стандартизации.....	38
5.3. Работы, выполняемые при стандартизации.....	41
5.4. Научно-технические принципы и методы стандартизации.....	47
5.5. Категории и виды стандартов	54
5.6. Государственный надзор за соблюдением требований стандартов.....	62
6. Качество поверхностей деталей. Основные сведения о поверхности детали и ее геометрии	63
6.1. Шероховатость и ее влияние на качество поверхности	65
6.2. Обозначение шероховатости на чертежах	72
6.3. Измерение и контроль шероховатости поверхности.....	73
6.4. Волнистость поверхностей деталей	75
7. Стандартизация отклонений формы и расположения поверхностей деталей	77
7.1. Нормирование и измерение отклонений от прямолинейности и от плоскостности	83
7.2. Нормирование и измерение отклонений расположения	83
7.3. Нормирование и измерение суммарных отклонений формы и расположения поверхностей	85
7.4. Обозначение на чертежах допусков формы и расположения	86
8. Сертификация продукции	88
Библиографический список	98

1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Возникновение стандартизации относится к глубокой древности, когда еще и самого понятия стандартизации не существовало. Впервые принципы стандартизации были использованы в строительстве. Например, египетские пирамиды, построенные почти 5 тысяч лет тому назад, сложены из тщательно обработанных и доведенных до строго определенных размеров камней. При строительстве величественных дворцов фараонов египтяне применяли кирпичи определенного размера. В Древнем Риме при сооружении водопроводов применяли трубы единого диаметра. Еще более наглядные примеры применения принципов стандартизации в области вооружения и судостроения встречаются в XIV–XV вв. нашей эры в Венеции, являвшейся в то время крупной морской державой. Развитие экономических связей требовало постройки большого количества торговых судов и военных кораблей для их защиты. Постройка этих судов была организована на одном потоке, по мере перемещения по которому суда оснащались унифицированными деталями, снаряжением, вооружением и т.д. Применение при постройке судов принципов стандартизации позволяло выпускать довольно быстро по тем временам большое количество кораблей.

Более широкое внедрение стандартизации в производство было положено Петром I, со времени правления которого и начинается русская промышленная стандартизация. В первом собрании законов Российской империи эпохи Петра I был помещен ряд указов, свидетельствующих о внедрении элементов стандартизации и взаимозаменяемости. Тогда согласно ряду указов Петра I и Сената серия судов была изготовлена по образцам, утвержденным Петром I, что позволяло выдерживать одинаковые размеры составляющих их конструкции и единый уровень качества.

На заре развития машиностроения принципы взаимозаменяемости при производстве различных изделий не использовались. В то время требуемый характер соединения деталей обеспечивался их взаимной подгонкой. Взаимозаменяемость в машиностроении в современном смысле этого слова стала возможной благодаря совершенствованию средств производства и средств измерения размеров деталей машин.

Большое значение в развитии взаимозаменяемости в машиностроении имело появление калибров. В России калибры (или кружа-

ла) впервые были введены в 1555 г. указом Ивана IV для проверки размеров ядер для пушек. Петр I также уделял особое внимание стандартизации оружейного снаряжения. Так, в указе 1712 г. сказано: «А ружье драгунское, так и солдатское, также и пистолеты, когда будет повелено, делать одним калибром». Первые калибры были «нормальными», т.е. деталь должна была входить в эти калибры плотно. В этом случае необходимо изготавливать детали с высокой точностью. Затем появились «предельные» калибры, т.е. комплект, состоящий из проходного и непроходного калибров. Название «предельные» эти калибры получили потому, что размеры проходного и непроходного калибров соответствовали двум предельным размерам, указанным на чертеже детали. Предельные калибры получили относительно широкое применение лишь в конце XIX – начале XX в., хотя двойные предельные кружала для ядер в России были введены еще в 1806 г., а предельные калибры-пробки на оружейных заводах стали применяться с 1810 г.

При рассмотрении вопроса об управлении качеством несомненный интерес представляет указ Петра I о качестве от 11 января 1723 г., из текста которого ясны не только требования к качеству продукции, но и к системе контроля качества, государственного надзора над ним и меры наказания за выпуск дефектной продукции. Стремясь к расширению внешней торговли, Петр I не только ввел технические условия, учитывающие высокие требования к качеству отечественных товаров, но и организовал в Петербурге и Архангельске правительственные бракеражные комиссии, которым вменялось в обязанность следить за качеством экспортируемого Россией сырья.

Совершенствование средств производства, калибров и средств измерения размеров позволило изготавливать сопрягаемые детали независимо друг от друга с таким расчетом, что при сборке их не требовалось дорабатывать. В этом и заключается смысл организации производства взаимозаменяемых деталей. В 1761 г. граф Шувалов направил на Тульский завод инструкцию, из которой можно заключить, что на этом заводе уже широко применяли принцип взаимозаменяемости, что позволяло не только изготавливать стрелковое оружие в массовом количестве, но и поставлять запасные части к нему для ремонта. В инструкции было сказано: « В силу объявленного мною предложения на каждую оружейную вещь порознь мастерами иметь меры или по заводскому обыкновению называемые лекалы с заводским клеймом или печатью Оружейной канцелярии, аккуратные, по которым каждый с пропорцією всякую вещь при желании

проводить мог. Без того вещи одна с другой во всем точного равенства не имеют, потому что дело оных происходит глазомерством, от чего неминуемо при приемках в полки должны быть переправки и в том напрасно времени потеряние».

Об этом же свидетельствуют и зарубежные источники. Так, в книге французского инженера Коти «Методы изготовления огнестрельного оружия», изданной в Париже 1806 г., написано: «Конечно, и при употреблении самых совершенных механических способов могут замки выходить не совсем равными в своих частях, если мастера не будут старательными; но я видел на Тульском заводе, когда из находившегося в приемной палате большого количества некоторые из этих замков были разобраны, части их перемешаны, а потом из этих частей вновь составлены замки; при этом все части приходились с одной точностью, будто бы намеренно их подгоняли одну к другой».

В некоторых американских литературных источниках приоритет в организации производства взаимозаменяемых деталей и изделий приписывается американскому промышленнику Эли Уитнею, который за период с 1798 по 1806 г. изготовил 10 000 ружей с взаимозаменяемыми деталями. Однако, это опровергается как свидетельством инж. Коти, так и следующими данными, относящимися к тому же периоду времени, что и работы Уитнея. В самом начале Отечественной войны 1812 г. начальнику оружейного завода в Туле было предписано изготавливать ежемесячно по 7000 ружей с взаимозаменяемыми деталями и, кроме того, войти в соглашение с оружейниками для дополнительного изготовления на дому еще 3000 таких же ружей в месяц.

Известно, что искусственное старение калибров и шаблонов, применяющихся на Тульском заводе и обеспечивающих неизменность их форм и размеров в течение длительного времени, за рубежом стали применять только спустя 60 лет после начала применения его на Тульском заводе. Уровень взаимозаменяемости был высоким также и на Ижевском заводе, на котором в 1837 г. изготавливалось около 30 000 ружей в месяц.

Развитие промышленности и транспорта в России привело к расширению работ по стандартизации. В 1860 г. был установлен единый размер железнодорожной колеи (1524 мм) и утверждены габаритные нормы приближения строений и подвижного состава. В 1875 г. в Париже 17 государствами, в том числе и Россией, была подписана метрическая конвенция. В 1889 г. приняты первые технические условия на проектирование и сооружение железных дорог, а в 1898 г. – еди-

ные технические требования к поставке основных материалов и изделий для нужд железнодорожного транспорта. В 1899 г. был выпущен единый сортамент профилей прокатной стали.

В конце XIX – начале XX в. принцип взаимозаменяемости распространился на многие виды военной и гражданской машиностроительной промышленности. На заводах России появились заводские нормы на допуски и посадки. За время Первой мировой войны значение взаимозаменяемости, как фактора, способствующего кооперированию производства и повышению качества продукции, значительно возросло. Появилась необходимость в создании общегосударственной системы допусков и посадок, единой для всех предприятий страны, в централизованном обеспечении предприятий калибрами.

Первая попытка создания такой системы была сделана в 1914–1915 гг. профессором МВТУ И.И. Куковским. В основу этой системы допусков было положено основное отверстие с симметричным расположением поля допуска. Эта система в 1915–1917 гг. была применена при выполнении военных заказов и в гражданской промышленности.

Внедрение российских национальных стандартов и единых требований к качеству продукции в дореволюционной России затруднялось из-за большого числа иностранных концессий, владельцы которых применяли, как правило, свои стандарты. Это привело к распространению в России трех систем мер (аршинной, дюймовой, метрической), которые затрудняли производство продукции и контроль ее качества.

Одним из первых после революции был принят декрет «О введении международной метрической системы мер и весов»(14 сентября 1918 г.), имевший огромное значение для развития стандартизации.

В 1919 г. была организована комиссия по нормализации при Петроградском отделении Центрального совета экспертов. В этой Комиссии инженером П.М.Шелоумовым был разработан первый проект общегосударственной системы допусков для гладких цилиндрических соединений, который был издан в 1921 г. Этим проектом предусматривалась как система отверстий, так и система вала. Недостатком системы являлось предложение о симметричном расположении полей допусков для основных отверстий и валов относительно номинального размера и установление зависимости допуска от диаметра по формуле $\delta = C\sqrt{d}$, а не $\delta = C\sqrt[3]{d}$, как принято в настоящее время. В 1924 г. был создан единый центр стандартизации – Бюро промыш-

ленной стандартизации Главного экономического управления, а в 1925 г. образован Комитет по стандартизации.

С 1926 г. были введены общесоюзные стандарты (ОСТ). В этом же году был утвержден первый общесоюзный стандарт ОСТ1 «Пшеница. Селекционные сорта зерна. Номенклатура», а также стандарт на новый сортамент стального проката, позволивший сократить число типоразмеров профилей в шесть раз, и стандарты на метрическую и дюймовую резьбу. С 1940 г. вводятся государственные стандарты (ГОСТ), обязательные для всех предприятий и организаций СССР.

Основой нашей государственной системы допусков является проект стандарта «Допуски для пригонки», разработанный в 1924–25 гг. под руководством профессора А.Д. Гатцука. В проекте предусматривалось четыре класса точности со сравнительно полным для того времени набором посадок и асимметричным расположением полей допусков для основных отверстий и валов. Этот проект в 1929 г. был утвержден в качестве общесоюзного стандарта.

В области машиностроения первыми были стандарты на метрическую резьбу для диаметров от 6 до 68 мм. Из деталей машин первыми изделиями, на которые были разработаны государственные стандарты, были крепежные изделия.

С 1977 по 1980 гг. отечественная промышленность приступила к внедрению новой системы допусков и посадок – ЕСДП. Постановлением Госстандарта, принятым в 1980 г., было предусмотрено переоформить имеющиеся стандарты на ЕСДП. В первую очередь на эту систему были переведены стандарты, содержащие указания о допусках и посадках, а также соответствующая нормативно-техническая документация и документация на новые разработки машин и приборов, а также изделий, поставляемых на экспорт. Для всех остальных изделий с целью снижения затрат было рекомендовано совмещать переход на новую систему с модернизацией изделий, а также рассматривать сроки перевода, учитывая необходимость, мнение представителей отрасли и экономическую целесообразность.

2. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ И ЕЕ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

На современных машиностроительных заводах детали, как правило, изготавливают независимо друг от друга в одних цехах, а собирают узлы (блоки) и изделия – в других. Такая организация производства изделий стала возможной благодаря тому, что детали и узлы (блоки) изготавливаются взаимозаменяемыми.

Взаимозаменяемостью называется свойство независимо изготовленных с данной точностью деталей и узлов обеспечивать возможность беспригонной сборки (или замене при ремонте) сопрягаемых деталей в узлы, а узлов в изделия при соблюдении предъявляемых к ним (узлам и изделиям) технических требований.

Взаимозаменяемость возможна только при единообразии деталей и узлов по всем количественным и качественным характеристикам в заданных пределах. В первую очередь взаимозаменяемыми должны быть те детали и узлы, от которых зависит надежность и другие показатели качества изделия, а также запасные части.

Комплекс научно-технических исходных положений, выполнение которых при конструировании, производстве и эксплуатации обеспечивает взаимозаменяемость деталей, сборочных единиц и изделий называют *принципом взаимозаменяемости*. Наиболее широко применяют полную взаимозаменяемость, при которой обеспечивается беспригоночная сборка любых, независимо изготовленных с заданной точностью деталей.

Полная взаимозаменяемость возможна, когда размеры, форма, механические, электрические и другие количественные и качественные характеристики деталей и сборочных единиц после изготовления находятся в заданных пределах и собранные изделия удовлетворяют техническим требованиям.

При полной взаимозаменяемости упрощается процесс сборки – она сводится к простому соединению деталей. Это работа не требует высокой квалификации; появляется возможность применять поточный метод производства, значительно упрощается ремонт, создаются условия для широкой специализации и кооперирования заводов.

Полную взаимозаменяемость целесообразно применять для деталей, изготовленных с допусками квалитетов не выше 6, и для сборочных единиц, состоящих из небольшого числа деталей, а также, в

случаях, когда несоблюдение заданных зазоров и натягов недопустимо даже у части изделий.

Иногда для удовлетворения эксплуатационных требований необходимо изготавливать детали или узлы с очень высокой степенью точности, что экономически и технически неприемлемо или трудновыполнимо. В этом случае, для требуемой точности сборки применяют групповой подбор деталей (селективную сборку), компенсаторы, регулирование положения отдельных деталей, пригонку и другие технические мероприятия. Такую взаимозаменяемость называют неполной (ограниченной). Ее можно осуществлять не по всем, а только по отдельным геометрическим или иным параметрам.

Взаимозаменяемость также делится на внешнюю и внутреннюю. *Внешняя* – это взаимозаменяемость покупных и полученных по кооперативным связям изделий и сборочных единиц по эксплуатационным показателям, а также по размерам и форме присоединительных поверхностей. Например, в подшипниках качения внешняя взаимозаменяемость обеспечивается по внешнему диаметру наружного кольца и по внутреннему диаметру внутреннего кольца.

Внутренняя взаимозаменяемость – распространяется на детали, сборочные единицы и механизмы, входящие в изделия. Например, внутреннюю взаимозаменяемость в подшипниках качения имеют тела качения, кольца и сепараторы.

Уровень взаимозаменяемости на производстве можно характеризовать коэффициентом взаимозаменяемости $K_{вз}$, равным отношению трудоемкости изготовления взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц к общей трудоемкости изготовления изделий. Степень приближения этого коэффициента к единице является объективным показателем технического уровня производства.

Основным принципом взаимозаменяемости в машиностроении является обеспечение взаимозаменяемости машин и других изделий по оптимальным эксплуатационным показателям. Взаимозаменяемость, при которой обеспечивается работоспособность изделий с оптимальными и стабильными во времени эксплуатационными показателями, называют *функциональной*.

Геометрические, электрические, механические и иные параметры, влияющие на эксплуатационные показатели, или служебные функции сборочных единиц называют функциональными. Например, от зазора между поршнем и цилиндром (функционального параметра) зависит мощность двигателя (эксплуатационный показатель).