

## Лекция 7

### Тема: Основные понятия о взаимозаменяемости в машиностроении

1. Понятие о взаимозаменяемости и ее виды
2. Виды взаимозаменяемости
3. Исходные положения, используемые при конструировании машин.

#### 1. Понятие о взаимозаменяемости и ее виды

**Взаимозаменяемостью** изделий (машин, приборов, механизмов и т. д.), и их частей или других видов продукции (сырья, материалов, полуфабрикатов и т. д.) называют их свойство равноценно заменять при использовании любой из множества экземпляров изделий, их частей или иной продукции другим однотипным экземпляром.

Взаимозаменяемыми могут быть детали, составные части (узлы) и изделия в целом. Такими деталями, составными элементами (узлами) должны быть, в первую очередь, детали и узлы, обеспечивающие надежность, долговечность и другие эксплуатационные показатели изделия. Эти требования распространяются, естественно, и на запасные части изделий.

Свойство собираемости изделий и взаимозаменяемости позволяет на машиностроительных заводах серийного и массового производств изготавливать детали в одних цехах, а собирать узлы и изделия в других. Используя принцип взаимозаменяемости изготовление деталей и сборку можно производить на разных машиностроительных заводах. При сборке изделий используются стандартные крепежные детали (гайки, болты, винты, прокладки, шайбы и т. д.), подшипники качения электротехнические, резиновые и пластмассовые изделия, а иногда и унифицированные агрегаты, получаемые по кооперации от других предприятий.

Каждое машиностроительное предприятие (серийное и массовое) характеризуется **уровнем взаимозаменяемости**. В качестве критерия оценки используется коэффициент взаимозаменяемости, который равен

$$K_B = T_B / T_0, \quad (1.1)$$

где  $K_B$  – коэффициент взаимозаменяемости;

$T_B$  – трудоемкость изготовления взаимозаменяемых деталей и узлов (сборочных единиц);

$T_0$  – общая трудоемкость изготовления изделия.

Величина этого коэффициента может быть различной, но его приближение к единице является объективным показателем технического уровня производства.

**Совместимость** – это свойство объектов занимать свое место в сложном готовом изделии и выполнять требуемые функции при совместной или последовательной работе этих объектов и сложного изделия в заданных эксплуатационных условиях.

**Объект** – это автономные блоки, приборы или другие изделия, входящие в сложные изделия.

## 2. Виды взаимозаменяемости

*Различают пять видов взаимозаменяемости: полную, неполную, внешнюю, внутреннюю и функциональную.*

**Полная взаимозаменяемость** – это вид взаимозаменяемости, при которой обеспечивается беспригоночная сборка (или замена детали при ремонте) любых независимо изготовленных с заданной точностью однотипных деталей в составные части, а последние – в изделия при соблюдении предъявляемых к ним технических требований по всем параметрам качества. При этом выполнение требований к точности деталей является основным исходным условием полной взаимозаменяемости. Кроме того, необходимо выполнение и других условий: установление оптимальных номинальных параметров деталей, выполнение требований к материалу деталей, технологии их изготовления и контроля и т. д. Сборка изделий при полной взаимозаменяемости сводится к простому соединению деталей без подгонки и регулировки. Поэтому может осуществляться рабочими не высокой квалификации. Полная взаимозаменяемость имеет следующие преимущества:

- упрощается процесс сборки изделий, сущность которой сводится к простому соединению деталей рабочими не высокой квалификации;
- сборочный процесс точно нормируется во времени, укладывается в установленный темп работы и возможна организация поточного метода сборки;
- создаются условия для автоматизации процессов изготовления и сборки изделий;
- возможна широкая специализация и кооперация заводов;
- упрощается ремонт изделий, так как любая износившаяся или вышедшая из строя, вследствие поломки деталь или узел может быть заменена новой (запасной).

**Полную взаимозаменяемость экономически целесообразно применять** для деталей, имеющих точность не выше 5 – 6 квалитетов и для составных частей изделий, имеющих небольшое число деталей (например, две, образующих сопряжение), а также в случаях, когда несоблюдение заданных зазоров или натягов даже у части деталей в узле или изделии недопустимо.

**Неполная взаимозаменяемость** – это взаимозаменяемость не по всем, а только по отдельным деталям или составным частям изделий, т. е. в изделии часть деталей или составных частей его обладает полной взаимозаменяемостью, а другая часть не обладает. Неполную взаимозаменяемость, чаще всего, применяют в случаях, когда по эксплуатационным требованиям к изделиям необходимо изготавливать детали с малыми экономически неприемлемыми или технологически трудно выполнимыми допусками. В этих случаях применяют группой подбор деталей сопряжений (селективную сборку), компенсаторы, регулирование и пригонку и другие технологические мероприятия, при этом требования к качеству составных частей и изделию в целом должны строго соблюдаться. При выполнении селективной сборки экономически неприемлемые или технологически трудно выполнимые допуски увеличивают. После изготовления детали сортируют по размерным группам, а затем собирают узлы и сопряжения из деталей соответствующих групп, чтобы характер сопряжения (величины зазоров или натягов) соответствовал техническим

требованиям, предъявляемым к данному сопряжению. Например, сборка плунжерных пар или подшипников качения.

**Внешняя взаимозаменяемость**— это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий, монтируемых в другие более сложные изделия, и составных частей (сборочных единиц) по эксплуатационным параметрам, а также по форме и присоединительным размерам. Например, в электродвигателях внешняя взаимозаменяемость осуществляется по числу оборотов вала и мощности, по присоединительным размерам в подшипниках качения (наружное и внутреннее кольца), а также по точности вращения.

**Внутренняя взаимозаменяемость** – это взаимозаменяемость деталей внутри узла или механизма, входящие в изделие. Например, в подшипнике качения внутреннюю взаимозаменяемость имеют тела качения и кольца.

**Функциональная взаимозаменяемость**— это взаимозаменяемость машин, приборов и других изделий по эксплуатационным показателям. Функциональными являются геометрические, электрические, механические и другие параметры, влияющие на эксплуатационные показатели машин и других изделий. Например, величина зазора между поршнем и цилиндром (функциональный параметр) определяет мощность двигателей (эксплуатационный показатель), а в поршневых компрессорах функциональными и эксплуатационными показателями являются соответственно весовая и объемная производительности. Функциональными эти параметры названы для того, чтобы подчеркнуть их связь со служебными функциями составных частей (узлов) и эксплуатационные показатели изделий. Для того, чтобы добиться функциональной взаимозаменяемости необходимо в процессе конструирования, производства и эксплуатации машин учитывать комплекс научно-технических исходных положений, **которые определяют понятие принцип функциональной взаимозаменяемости.**

### **3. Исходные положения, используемые при конструировании машин.**

На этапе конструирования изделий в основу должны быть положены следующие исходные положения.

1. **Эксплуатационные показатели машин**, приборов, оборудования и т. д. определяются уровнем и стабильностью характеристик рабочего процесса, размерами, формой и другими геометрическими параметрами деталей и составных частей машин. Определяющим фактором является уровень механических, физических и химических свойств материалов, из которых изготовлены детали. Неизбежные погрешности параметров и колебания свойств материалов вызывают изменения параметров рабочего процесса и эксплуатационных показателей. В связи с этим для ответственных деталей машин и составных элементов взаимозаменяемость необходимо по форме, обеспечивать не только геометрическим размерам, свойствам материалов, но и по электрическим, гидравлическим, оптическим, химическим и другим функциональным параметрам. Конкретно вид параметра или параметров, по которым обеспечивается взаимозаменяемость, зависит от принципа действия машины.

2. **Необходимо обеспечить однородность исходного сырья**, материалов, заготовок и полуфабрикатов по химическому составу и структуре, стабильность химических и физико-механических свойств, точность по геометрической форме и размерам. Для заготовок необходимо выдерживание межоперационных размеров,

предназначенных для установки заготовок в процессе обработки, для обеспечения заданной точности.

**3. На стадии проектирования машин и механизмов** необходимо уточнить номинальные значения их эксплуатационных показателей. Исходя из назначения изделия, требований к надежности, долговечности и безопасности определить допустимые отклонения эксплуатационных показателей. Определить величину их изменения в конце срока эксплуатации относительно новых изделий. Эти изменения эксплуатационных показателей определяют либо расчетным путем (прочностного, теплового, гидродинамического и т. д.), либо обобщением опыта эксплуатации, либо экспериментальным путем (испытанием моделей, макетов, образцов). Затем устанавливаются основные конструктивные элементы машины, от которых в первую очередь зависят эксплуатационные показатели. Составляется перечень деталей и составных частей, определяющих надежность и долговечность изделия в целом. Для этой категории деталей и составных элементов устанавливают форму, выбирают материал, технологию изготовления устанавливают качество поверхностей деталей, обеспечивающих максимальный срок службы, точность и другие характеристики.

**4. Конструирование машин и механизмов необходимо** вести на основе широкого применения общетехнических нормативов, применения унифицированных и стандартных деталей, составных частей и агрегатов, руководствоваться принципами предпочтительности и агрегатирования. Это позволяет обеспечить высокое качество изделий и экономичность их производства.

**5. Обеспечение взаимозаменяемости ответственных деталей по** геометрической форме, шероховатости и точности расположения их поверхностей указанные параметры выбираются такими, при которых износ деталей минимальный, а эксплуатационные показатели оптимальные.

**6. При конструировании необходимо прорабатывать вопросы** технологичности деталей и предусматривать для контроля точностных параметров деталей простейшие и надежные универсальные или специальные средства измерения. Для лучшей увязки конструктивных, технологических и метрологических требований и возможности применения прогрессивной технологии изготовления деталей, сборки машин в разработке конструкции и технических требований обычно принимают участие технологи и метрологи.

### **Запасные части и контроль изделий в процессе эксплуатации.**

Осуществление принципа взаимозаменяемости, обеспечивающего долговечную и экономичную эксплуатацию машин, механизмов, оборудования и других изделий предполагает наличие достаточного количества запасных частей, которые гарантировали бы быструю замену вышедших из строя деталей и составных элементов. При этом должна сохраняться требуемая работоспособность машины в течение планируемого срока эксплуатации. Для этих целей проводится анализ работы машины, чтобы выявить детали и составные элементы, в наибольшей степени подверженные износу и ухудшению качества и влияющие на эксплуатационные свойства.