

Тема 13. ПРЕДОХРАНЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ САМООТВИНЧИВАНИЯ

Список сокращений

БНК – базовая несущая конструкция

ВВФ – внешний воздействующий фактор

ЕСКД – Единая система конструкторской документации

НТК-конструирование (НТК-проектирование) – конструирование (проектирование) механических подсистем и электромонтажа РЭС

РЭА – радиоэлектронная аппаратура

РЭС – радиоэлектронное средство

РЭС-сооружение – радиоэлектронное средство, рассматриваемое (изучаемое, конструируемое) как геометрически неизменяемая механическая система

РЭТ-конструирование (РЭТ-проектирование) – конструирование (проектирование) радиоэлектротехнических подсистем РЭС (электронное, схемотехническое конструирование РЭС)

СВЧ – сверхвысокие частоты, сверхвысококачастотный

СРПП – Система разработки и постановки продукции на производство

ЭС – электронное средство

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Трение покоя при вибрации (Литвин Ф. Л. Проектирование механизмов и деталей приборов. Л., 1973)	3
Предохранение резьбовых соединений от самоотвинчивания (Решетов Д. Н. Детали машин: учебник для вузов. М., 1989)	7
Виды и средства стопорения (Из ОСТ 4Г 0.019.200 Соединения резьбовые. Способы и виды предохранения от самоотвинчивания. Технические требования)	11
Содержание хрестоматии	19

ТРЕНИЕ ПОКОЯ ПРИ ВИБРАЦИИ

(Литвин Ф. Л. Проектирование механизмов и деталей приборов. Л., 1973. С. 46 – 48)

Вследствие трения покоя движение подвижных звеньев механизма начинается только после того, как действующие силы достигнут определенной величины. В измерительных приборах возникает явление застоя: движение стрелки прибора может начаться лишь после того, как действующие на стрелку силы превзойдут наибольшую силу трения покоя. Застой определяет чувствительность измерительного прибора, его способность отзываться на малые изменения измеряемой величины.

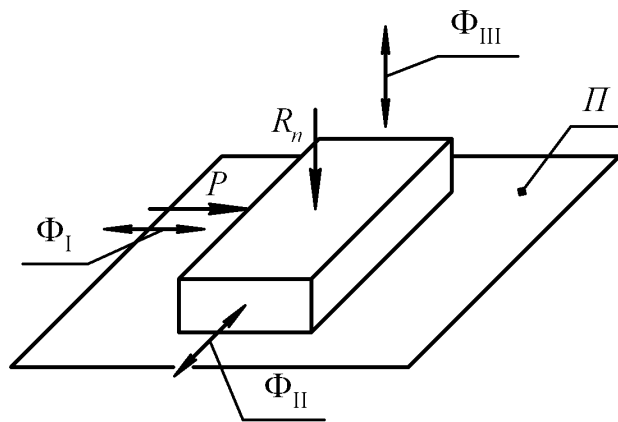


Рис. 1

Было замечено, что вибрации измерительного прибора снижают застой. Чувствительность измерительного прибора значительно повышается при эксплуатации его на самолете и корабле, т. е. в таких условиях, когда неизбежно появление вибраций. Ниже будет показано, что уменьшение застоя связано в основном с появлением добавочных сил, способствующих движению, но не с тем, что вибрации уменьшают силы трения покоя.

Введем в рассмотрение такую физическую модель: на шероховатой плоскости Π (рис. 1) лежит тело массы m , к которому приложена сила R_n , прижимающая тело к плоскости, сила P , параллельная плоскости, и изменяющаяся по гармоническому закону сила $\Phi = \Phi_0 \sin \omega t$. Следуя И. И. Блехману и Г. Ю. Джанелидзе (Блехман И. И., Джанелидзе Г. Ю. Об эффективных коэффициентах трения при вибрациях/Известия АН СССР. Отд. техн. наук. – №7, 1958), рассмотрим три случая приложения вибрационной нагрузки Φ :

- а) сила $\Phi = \Phi_I$ параллельна плоскости Π и силе P ;
- б) сила $\Phi = \Phi_{II}$ параллельна плоскости Π и перпендикулярна P ;
- в) сила $\Phi = \Phi_{III}$ перпендикулярна плоскости Π и параллельна R_n (рис. 1).

Представим сначала, что к телу приложена только сила P . Наибольший коэффициент трения покоя представляет отношение наименьшей по величине силе P , приводящей тело в движение из состояния покоя к нормальной реакции R_n . Следовательно,

$$f_0 = P_{min}/R_n. \quad (1)$$

При действии помимо P силы Φ_1 движение тела из состояния покоя впервые начнется при сочетании сил P_{min} и Φ_0 (предполагается, что $\Phi_0 < f_0 R_n$), удовлетворяющем уравнению

$$P_{min}^* + \Phi_0 = f_0 R_n$$

Отсюда следует, что

$$P_{min}^* = f_0 R_n - \Phi_0 \quad (2)$$

где Φ_0 – амплитудное значение вибрационной нагрузки Φ_1 ; P_{min}^* – наименьшее значение силы P , достаточное для приведения тела в движение при действии Φ_1 .

В упомянутой работе И. И. Блехмана и Г. Ю. Джанелидзе введено понятие эффективного коэффициента трения покоя

$$f_0^* = P_{min}^*/R_n. \quad (3)$$

Подставив в соотношение (3) выражение (2), получим

$$f_0^* = f_0 \left(1 - \frac{\Phi_0}{f_0 R_n} \right). \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что эффективный коэффициент трения покоя f_0^* меньше наибольшего трения покоя f_0 . Однако из этого нельзя делать вывод, что приложение вибрационной нагрузки Φ_1 способствует уменьшению сил трения покоя и коэффициента f_0 . Суть в том, что движение тела происходит в результате совместного действия сил P_{min}^* и Φ_0 , поэтому тело приходит в движение из состояния покоя при значении $P_{min}^* < P_{min}$.

Рассмотрим теперь случай II, когда вибрационная нагрузка Φ_{II} и сила P взаимно перпендикулярны и параллельны плоскости II . Движение тела из состояния покоя начнется при сочетании сил P_{min}^* и Φ_0 , удовлетворяющем уравнению

$$(P_{min}^*)^2 + (\Phi_0)^2 = (f_0 R_n)^2. \quad (5)$$

На основании выражений (3) и (5) получим

$$f_0^* = f_0 \sqrt{1 - \left(\frac{\Phi_0}{f_0 R_n} \right)^2}. \quad (6)$$

В отличие от случая I направление скорости тела в случае II не совпадает с направлением силы P , но составляет с P в начале движения угол q , определяемый выражением

$$q = \arctg \left(\frac{\Phi_0}{P_{min}^*} \right). \quad (7)$$

Перейдем к рассмотрению случая III. Примем, $\Phi_0 < R_n$ и тело под воздействием вибраций не будет отрываться от плоскости. Нужно иметь также в виду, что R_n в рассматриваемом случае нельзя отождествлять с мгновенным значением полного нормального давления на плоскость, появляющегося при действии вибрационной нагрузки Φ_{III} . При определении нижней границы силы P_{min}^* нужно исходить из того, что движение тела из состояния покоя начнется тогда, когда вибрационная нагрузка Φ_{III} и R_n , будут противоположны по направлению. Исходя из этого, получим

$$P_{min}^* = f_0 (R_n - \Phi_0). \quad (8)$$

Эффективный коэффициент трения покоя

$$f_0^* = f_0 \left(1 - \frac{\Phi_0}{R_n} \right). \quad (9)$$

При известных сочетаниях Φ_0 , R_n и f_0 может оказаться, что правая часть выражений (4), (6) и (9) будет иметь отрицательное или мнимое значение. В таких случаях нужно принимать, что эффективный коэффициент трения покоя равен нулю. Это отвечает тому, что при определенных сочетаниях Φ_0 , R_n и f_0 сколь угодно малая сила P^*_{min} вызовет движение тела из состояния покоя (в случаях I и II оно может начаться под действием силы Φ_0 даже при отсутствии силы P).

Наличие вибраций сказывается на условиях самоторможения передач и резьбовых соединений. В случаях I и II резьбовые соединения могут отвинчиваться под действием одной лишь вибрационной нагрузки $\Phi_{I,II}$ даже при отсутствии силы P . В случае III отвинчивание может происходить при ничтожной по величине силе P^*_{min} . Это вынуждает принимать дополнительные меры, устраняющие развинчивание резьбовых соединений, потерю способности к самоторможению клиновых соединений и червячных передач, требуют проведения испытаний соединений и передач в условиях вибраций.

При выводе приведенных уравнений автор ограничился рассмотрением условий, при которых под действием сил P^*_{min} и Φ_k ($k = I, II, III$) тело впервые будет приведено в движение из состояния покоя. Характер движения тела массой m под действием приложенных сил не был рассмотрен.

ПРЕДОХРАНЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ САМООВИНЧИВАНИЯ

(Решетов Д. Н. Детали машин: учебник для вузов. М., 1989. С. 135 – 138)

Все крепежные резьбы удовлетворяют условию самоторможения даже без учета дополнительного трения на торце гайки или головки винта. Для основной метрической резьбы диаметром 6 – 68 мм угол подъема резьбы колеблется в пределах $3^{\circ}30'$ – $1^{\circ}40'$, т. е. значительно меньше угла трения. Однако, как показывает опыт эксплуатации машин, при толчкообразной нагрузке наблюдается ослабление. Поэтому необходимы специальные средства стопорения. Регулируемые гайки, которые не должны быть сильно затянуты, например гайки для регулировки подшипников, требуют стопорения даже при спокойной нагрузке.

В применяемых устройствах используются следующие принципы стопорения: 1) дополнительным трением; 2) специальными запирающими элементами – шплинтами, шайбами; 3) пластическим деформированием или приваркой.

Гайки болтов должны стопориться в резьбе или при их стопорении на деталь болт должен предварительно быть предварительно предохранен от проворота. Гайки шпилек должны стопориться на корпус во избежание вывинчивания шпилек.

Стопорение дополнительным трением (рисунок 1) основано на создании дополнительных сил трения, сохраняющихся при снятии с винта внешней осевой нагрузки, и допускает стопорение в любом положении.

Дополнительные силы трения могут создаваться дополнительной затяжкой резьбы в осевом или радиальном направлении, причем эта затяжка может быть равномерно распределенной или местной.

Наиболее старым средством стопорения в резьбе является контргайка, т. е. вторая гайка (рисунок 1, а). После затягивания контргайка воспринимает основную осевую нагрузку, а сила затягивания и сила трения в резьбе основной гайки ослабляются. Сохранение сил трения при разгрузке винта от осевой силы обеспечивается взаимной затяжкой гаек.

Получили распространение самоконтрящиеся гайки с радиальным натягом резьбы в результате пластического обжатия (после нарезания резьбы) верхней части гайки на эллипс (рисунок 1, б) или при выполнении нескольких радиальных прорезий на круг (рисунок 1, в).

Самоконтрящиеся выполняют также завальцованными пластмассовыми, обычно полиамидными стопорными кольцами (рисунок 1, г), в которых резьбу не нарезают. Она образуется при навинчивании на винт, причем обеспечиваются большие нормальные силы и силы трения между винтом и кольцом. Вместо кольца можно применить пробку из полиамида,

всталенную в отверстие в винте (рисунок 1, *д*). Эта конструкция не требует гаек повышенной высоты, но приводит к некоторому ослаблению стержня. Способность стопорения сохраняется после значительного числа сборок и разборок и в широком диапазоне температур (от $-60 \dots$ до $+120 \text{ }^\circ\text{C}$).

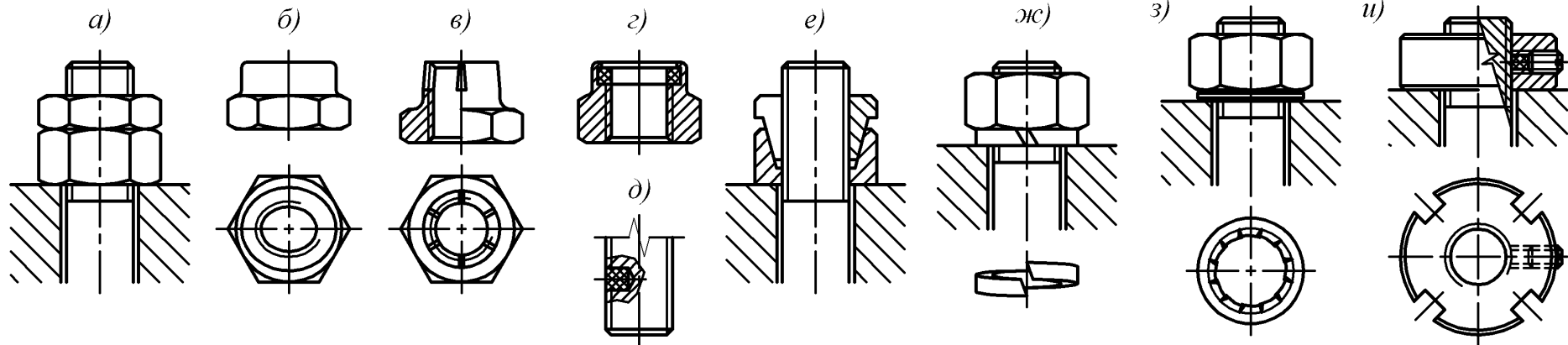


Рисунок 1 – Стопорные устройства, основанные на дополнительном трении в резьбе и между гайкой или головкой винта и деталью

Контргайки цангового типа (рисунок 1, *е*) при завинчивании обжимаются на конической поверхности.

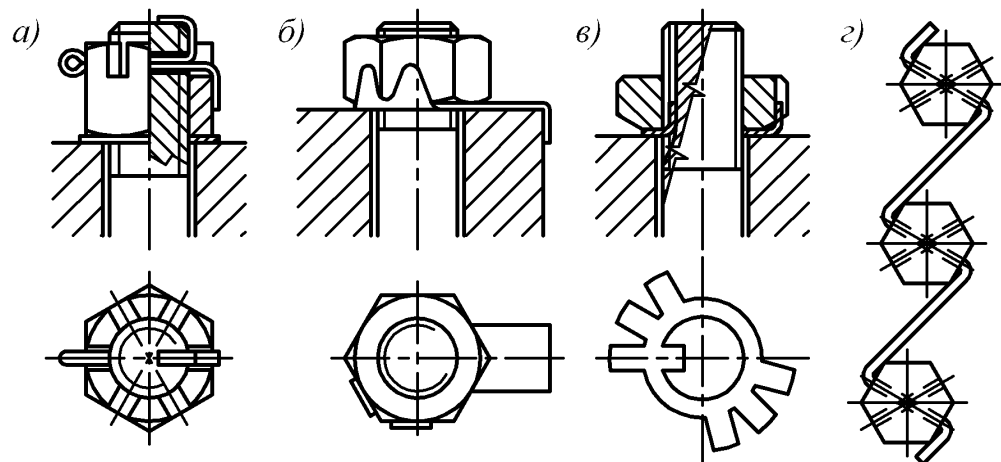
Широкое применение получили пружинные шайбы (рисунок 1, *ж*) (ГОСТ 6402 – 70), обеспечивающие вследствие упругости шайбы сохранение сил трения в резьбе при колебаниях осевой нагрузки; кроме того, эти шайбы повышают сцепление между гайкой, шайбой и деталью благодаря врезанию острых срезов шайбы в торец гайки и плоскость детали. Пружинные шайбы изготавливают различными для правой и левой резьбы. Недостатком применения этих шайб является некоторое отклонение от центрального приложения нагрузки. Этого недостатка лишены осесимметричные пружинные шайбы с несколькими отогнутыми усиками (рисунок 1, *з*). Стопорение пружинными шайбами не относится к высоконадежным.

В конструкциях, подверженных относительно спокойной нагрузке, применяется стопорение резьбы посредством специального винта через медную или свинцовую прокладку (рисунок 1, *и*), или деформированием гайки, имеющей прорези, перпендикулярные оси.

Стопорение специальными элементами (рисунок 2). К ним относятся шплинты и стопорные шайбы с усиками.

Шплинты по ГОСТ 397 – 79 представляю собой стержни, согнутые из проволоки полукруглого сечения и контактирующие плоскими сторонами (рисунок 2, а). Выпаданию шплинта в одну сторону препятствует петля на сгибе, а в другую сторону – разведенные концы. Для удобства разведения концы делаются не совпадающими по длине.

Недостатком стопорения шплинтами и другими элементами этого типа является ступенчатое регулирование силы затяжки. Поэтому стопорение шплинтами не рекомендуется для коротких болтов при $(l/d) < 4$.



← Рисунок 2 – Стопорные устройства со специальными запирающими элементами между винтом и гайкой и между гайкой или головкой винта и деталью

Стопорение гайки или головки винта по отношению к детали достигается стопорными шайбами (рисунок 2, б) с лапками, одна из которых отгибается по грани гайки, а две другие по грани детали. Стопорение шплинтами и шайбами благодаря своей надежности имеет широкое распространение в ответственных конструкциях.

Стопорные шайбы с лапками по ГОСТ 11872 – 80 (рисунок 2, в) применяют в основном для стопорения гаек со шлицами при регулировке и креплении подшипников качения на валу. Эти шайбы выполняются толщиной 0,8 – 2,5 мм; шайбы имеют внутренний усик, отгибаемый в канавку винта, и несколько наружных лапок, отгибаемых в один из шлицев гайки.

Гайки и головки винтов в групповых соединениях нередко стопорят обвязкой проволокой через отверстия с натяжением проволоки в сторону затягивания резьбы (рисунок 2, г).

Для резьбы небольших диаметров применяют стопорение смолами, лаками и красками. Перспективно стопорение с помощью герметиков, которые устойчивы к воздействию температуры, влаги, масла, динамических нагрузок.

Стопорение болтов возможно также усиками на болтах, впивающимися в материал соединяемых деталей, или специальными подголовками.

При очень редкой разборке возможно стопорение пайкой. Если соединение совсем не требует разборки в эксплуатации, применяют стопорение пластическим деформированием или приваркой, которая превращает соединение в неразъемное.

Соединение отвинчиванию можно также существенно повысить выравнением нагрузки по виткам коррекцией шага. Шаг гайки делают больше шага винта на величину около 0,1 %.

СПОСОБЫ И ВИДЫ ПРЕДОХРАНЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ САМООТВИНЧИВАНИЯ

(Из ОСТ 4Г 0.019.200 Соединения резьбовые. Способы и виды предохранения от самоотвинчивания. Технические требования)

1 Способы стопорения резьбовых соединений от самоотвинчивания

В РЭС следует применять следующие виды предохранения резьбовых соединений от самоотвинчивания:

стопорение с помощью механических средств:

- стопорение с применением средств, устанавливающих жесткую связь элементов резьбового соединения с деталями конструкции (кернения в шлиц, специального кернения в шлиц, стопорных шайб, обвязочной проволоки);
- стопорение с применением средств, устанавливающих жесткую связь между элементами резьбового соединения (кернение с торца, бокового кернения, стопорной многолапчатой шайбы, шплинта);
- стопорение с применением средств, создающих в резьбовом соединении упругую компенсацию ослабления предварительной «затяжки», выполняемой при сборке (пружинных шайб);
- стопорение с применением средств, создающих в резьбовом соединении дополнительное трение (самоконтрящихся гаек, контргаяк, установочных винтов);

стопорение с применением анаэробных герметиков;

стопорение с применением краски.

Стопорение с применением механических средств (кроме кернения) целесообразнее для резьбовых соединений, подвергающихся замене в процессе эксплуатации или снятию с посадочных мест во время ремонтных работ, выполняемых вне производственных помещений.

Этот способ стопорения наиболее приемлем для крепления элементов межблочных соединений (волноводных трактов, соединительных кабелей, ограждений и экранов), а также внешних креплений приборов, приборных стоек, электрических машин и силовых узлов к корпусам приборов.

При стопорении внутри ответственных механизмов с зубчатыми зацеплениями и быстровращающимися элементами средства стопорения (обвязочная проволока, шплинты, контргайки, пружинные шайбы) должны иметь защитные средства от выпадания при их поломке, а стопорные винты должны быть предохранены от самоотвинчивания.

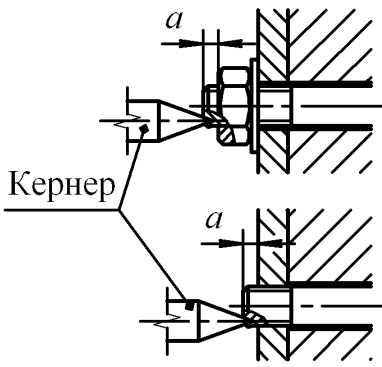
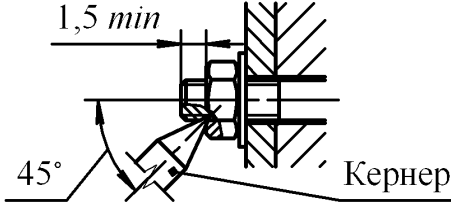
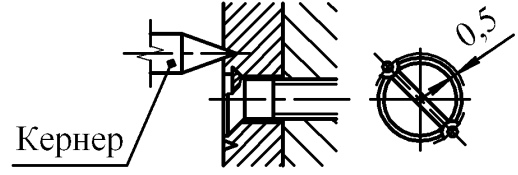
Стопорение анаэробными герметиками целесообразнее применять для резьбовых соединений, выполняющих крепление элементов конструкций, не подвергающихся регулировкам со снятием их с посадочных мест или для резьбовых соединений, с помощью которых осуществляется крепление узлов (приборов), не требующих по характеру выполняемых ими функций строго фиксированного положения установки и позволяющих производить их стопорение на последних этапах сборочных работ в процессе приемки изделия.

Стопорение красками целесообразнее применять для резьбовых соединений небольшого диаметра (М1 – М6) и крепления узлов конструкций, расположенных внутри блоков и подвергающихся в процессе сборки и настройки частым регулировкам.

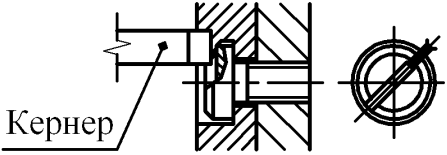
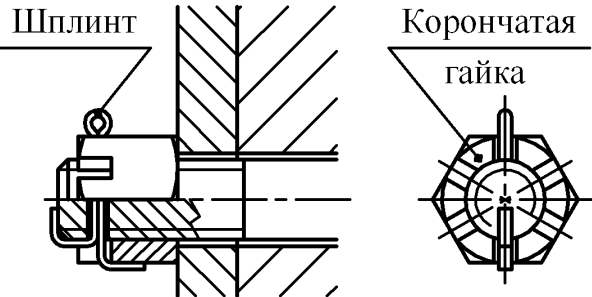
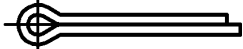
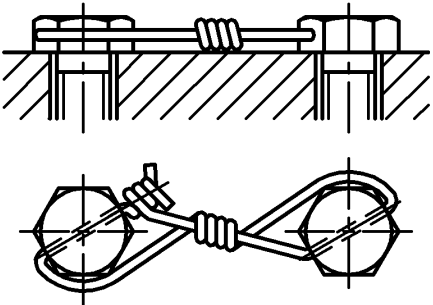
2 Виды и средства стопорения резьбовых соединений от самоотвинчивания

Виды стопорения выбираются конструктором в зависимости от имеющихся возможностей выполнения их при сборке с учетом особенности конструкции, условий эксплуатации и ремонта изделия и должны соответствовать указанным в таблице 1.

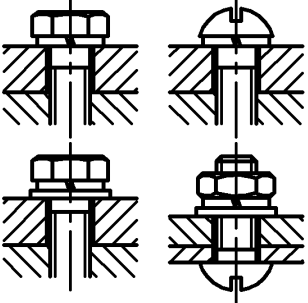

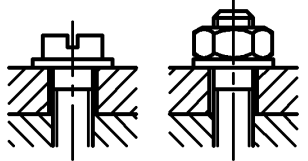

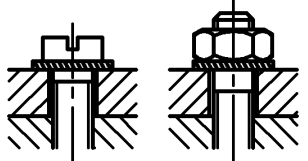

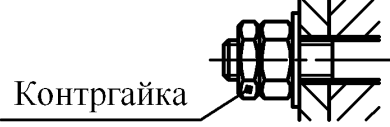

Таблица 1

Вид стопорения	Эскиз	Средство стопорения	Диаметр резьбы, мм	Примечание
1		Кернение с торца	От 6 до 24 вкл.	$a = (1 \dots 1,5)P,$ где a – длина выступающей части болта; P – шаг резьбы. Стопорение кернением (виды 1 – 4) обеспечивают высокую надежность резьбового соединения при эксплуатации. При выполнении кернения детали изделия подвергаются ударным нагрузкам. Поэтому стопорение кернением целесообразнее применять для резьбовых соединений, которые в процессе эксплуатации не подвергаются разборке.
2		Кернение боковое	От 6 до 24 вкл.	Стопорение кернением (виды 1 – 4) обеспечивают высокую надежность резьбового соединения при эксплуатации. При выполнении кернения детали изделия подвергаются ударным нагрузкам. Поэтому стопорение кернением целесообразнее применять для резьбовых соединений, которые в процессе эксплуатации не подвергаются разборке.
3		Кернение в шлиц	От 6 до 24 вкл.	Кернение в шлиц (вид 3) и специальное кернение в шлиц (вид 4) применяются только в том случае, когда скрепляемые детали выполнены из достаточно пластичного материала и не могут иметь относительных смещений.

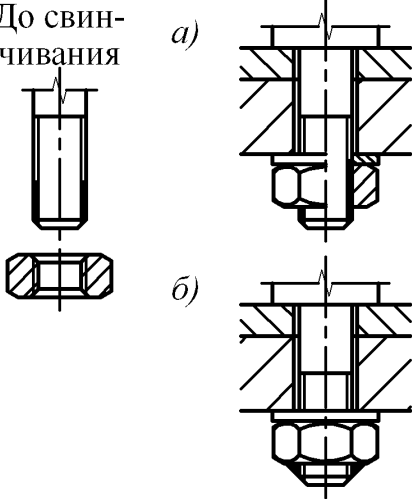
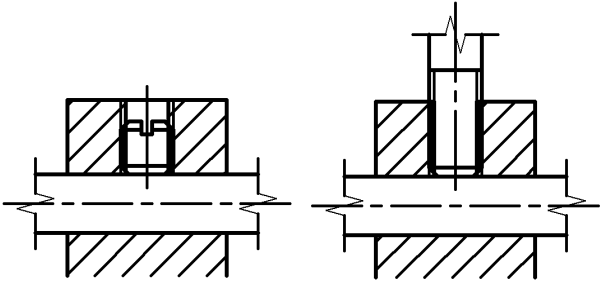
Продолжение таблицы 1

Вид стопорения	Эскиз	Средство стопорения	Диаметр резьбы, мм	Примечание
4		Кернение в шлиц специальное	От 6 до 24 вкл.	Смотри примечание к видам 1 – 3
9		Шплинт по ГОСТ 397 – 79 	От 4 до 48 вкл.	Стопорение с помощью шплинтов обеспечивает высокую надежность резьбового соединения при эксплуатации.
10		Проволока по ГОСТ 792 – 67.	От 4 до 48 вкл.	<p>Допускается применение проволоки по ГОСТ 17305 – 91 из стали марок 10 и 20 с цинковым покрытием.</p> <p>Стопорение с применением обвязочной проволоки применяется, как правило, для болтов (винтов), закрепляющих одну деталь.</p>

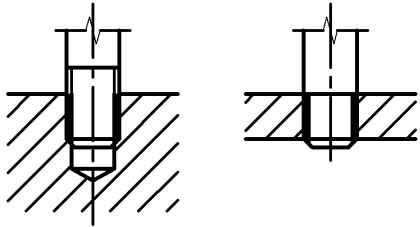
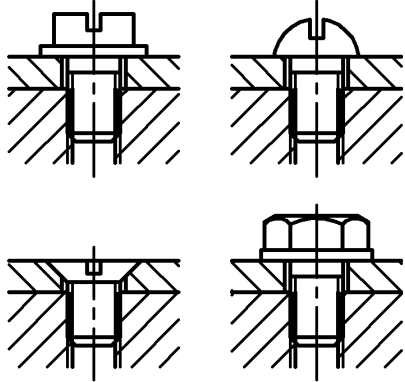
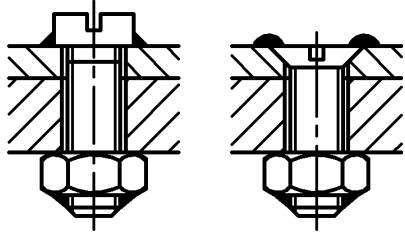
Продолжение таблицы 1

Вид стопорения	Эскиз	Средство стопорения	Диаметр резьбы, мм	Примечание
11		<p>Шайба по ГОСТ 6402 – 70</p> 	От 2 до 12 вкл.	<p>Стопорение с применением пружинных шайб может применяться как для болта (винта), устанавливаемого в деталь конструкции, так и для сквозного резьбового соединения, при выполнении которого пружинная шайба должна устанавливаться под гайку.</p> <p>Если применение пружинных шайб может привести к повреждению покрытия или самой поверхности соприкасающейся с ней детали, выполненной из мягкого материала (например, из алюминиевого сплава или пресс-материала), то под пружинную шайбу необходимо ставить дополнительно плоскую шайбу.</p>
13		<p>Шайба по ГОСТ 10462 – 81</p> 	От 2 до 12 вкл.	<p>Стопорение с применением пружинных шайб может применяться как для болта (винта), устанавливаемого в деталь конструкции, так и для сквозного резьбового соединения, при выполнении которого пружинная шайба должна устанавливаться под гайку.</p> <p>Если применение пружинных шайб может привести к повреждению покрытия или самой поверхности соприкасающейся с ней детали, выполненной из мягкого материала (например, из алюминиевого сплава или пресс-материала), то под пружинную шайбу необходимо ставить дополнительно плоскую шайбу.</p>
14		<p>Шайба по ГОСТ 10463 – 81</p> 	От 2 до 24 вкл.	<p>Стопорение с применением пружинных шайб может применяться как для болта (винта), устанавливаемого в деталь конструкции, так и для сквозного резьбового соединения, при выполнении которого пружинная шайба должна устанавливаться под гайку.</p> <p>Если применение пружинных шайб может привести к повреждению покрытия или самой поверхности соприкасающейся с ней детали, выполненной из мягкого материала (например, из алюминиевого сплава или пресс-материала), то под пружинную шайбу необходимо ставить дополнительно плоскую шайбу.</p>
20	<p>Контргайка</p> 	<p>Контргайка по ГОСТ 5916 – 70</p> 	–	<p>Стопорение с помощью помощью контргайки целесообразно для применения при малых величинах внешних воздействующих факторов (вибрации, удара и т. п.).</p>

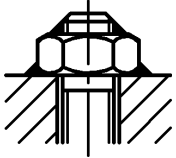
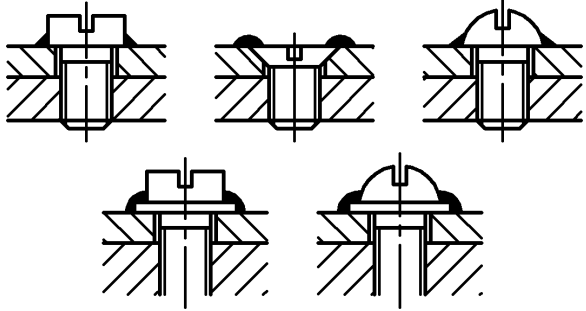
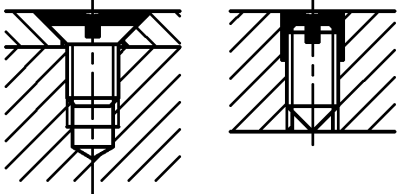
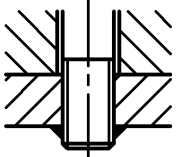
Продолжение таблицы 1

Вид стопорения	Эскиз	Средство стопорения	Диаметр резьбы, мм	Примечание
22А	<p data-bbox="398 421 533 491">До свинчивания</p> 	Анаэробный герметик унигерм-2М (УГ-2М)	От 1,6 до 10 вкл.	
22Г		Краска ЭП-51	От 1 до 6 вкл.	
23А		Анаэробный герметик унигерм-2М (УГ-2М)	От 1,6 до 10 вкл.	
23Г		Краска ЭП-51	От 1 до 6 вкл.	

Продолжение таблицы 1

Вид стопорения	Эскиз	Средство стопорения	Диаметр резьбы, мм	Примечание
24А		Анаэробный герметик унигерм-2М (УГ-2М)	От 1,6 до 10 вкл.	
24Г		Краска ЭП-51	От 1 до 6 вкл.	
25А		Анаэробный герметик унигерм-2М (УГ-2М)	От 1,6 до 10 вкл.	
25Г		Краска ЭП-51	От 1 до 6 вкл.	
27Г		Краска ЭП-51	От 1 до 6 вкл.	Распространяется также на соединения с винтами с полукруглой головкой и шайбами

Окончание таблицы 1

Вид стопорения	Эскиз	Средство стопорения	Диаметр резьбы, мм	Примечание
27К-Г		Краска ЭП-51	От 1 до 6 вкл.	Конструктивная разновидность вида стопорения 27 для стопорения преимущественно настроечных элементов
28Г		Краска ЭП-51	От 1 до 6 вкл.	
29Г		Краска ЭП-51	От 1 до 6 вкл.	
30Г		Краска ЭП-51	От 1 до 6 вкл.	

СОДЕРЖАНИЕ ХРЕСТОМАТИИ

Тема 1. ПРЕДИСЛОВИЕ

Тема 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Бобков Н. М. О подготовке конструкторов РЭС в средних специальных учебных заведениях // Среднее профессиональное образование. 2002. № 11

Бобков Н. М. Основы конструирования. Проблемы терминологии // Вестник машиностроения. 2002. № 9

Бобков Н. М. Что такое конструирование радиоэлектронных средств? // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2008. № 1, 2

Функциональные системы и конструктивные уровни РЭС (Каленкович Н. И., Фастовец Е. П., Шамгин Ю. В. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств: учеб. пособие. Минск, 1989. С. 9 – 11)

Бобков Н. М. Конструирование и строительное конструирование РЭС // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Бобков Н. М. Систематизация терминологии в области конструирования радиоэлектронных систем // Труды Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева. 2014. № 3

Бобков Н. М. Категории науки о конструировании // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Общие требования к разрабатываемым (модернизируемым) техническим системам (Из ГОСТ 15.016 – 2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению)

Тема 3. ТИПОВОЙ ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бобков Н. М. Конструкторская документация и порядок ее разработки // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Бобков Н. М. Применение положений стандартов ЕСКД в публикациях по конструированию: типичные ошибки // Стандарты и качество. 2004. № 8

Бобков Н. М. Типовой порядок разработки технических систем // Справочник. Инженерный журнал. 2018. № 2

Тема 4. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ РЭС

Основные понятия

Влияние физических параметров окружающей среды (Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М. 1982. С. 140 – 143)

Воздействие на РЭА внешних механических факторов (Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М. 1982. С. 143 – 145)

Основные эффекты, вызываемые воздействием отдельных внешних факторов (Из ГОСТ 28198 – 89 Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство по применению)

Предельные нормы эксплуатации (Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М. 1982. С. 145 – 147)

Бобков Н. М. Механические воздействия и нагрузки на элементы несущих систем РЭС // Кварц: радиоизмерения и электроника: научно-технический и рекламно-коммерческий периодический журнал НИИПИ «Кварц». 1998. Вып. № 7

Общие требования к РЭС в части стойкости к механическим ВВФ при эксплуатации (Из ГОСТ 30631 – 99 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации)

Общие требования к РЭС в части условий хранения и транспортирования (Из ГОСТ Р 51908 – 2002 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части условий хранения и транспортирования)

Испытание на прочность при транспортировании (Из ГОСТ Р 51909 – 2002 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на транспортирование и хранение)

Общие требования к РЭС в части стойкости к климатическим ВВФ при эксплуатации (Из ГОСТ 15150 – 99 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды)

Тема 5. МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РЭС

Механические системы (Справочник металлиста. В 5-ти т. Т. 1. М., 1976. С. 18 – 22)

Основные сведения о механизмах (Фаддеева Л. А. Теория механизмов и детали приборов: учебник. Л., 1983. С. 5 – 11)

Сопротивление материалов, теория упругости и прочее ... (Феодосьев В. И. Десять лекций-бесед по сопротивлению материалов. М., 1975. С. 5 – 6)

Неизменяемые, изменяемые и мгновенно изменяемые системы (Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учебник. М., 1986. С. 12, 13)

Реакции связей почти мгновенно изменяемых систем (Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учебник. М., 1986. С. 25, 26)

Классификация плоских систем (Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учебник. М., 1986. С. 30, 31)

Бобков Н. М. Радиоэлектронные средства как строительные сооружения // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Кинематический анализ стержневых систем (Спицына Д. Н. Строительная механика стержневых систем: учеб. пособие. М., 1977. С. 8 – 15)

Образование и кинематический анализ плоских систем (Живейнов Н. Н., Карасев Г. Н., Цвей И. Ю. Строительная механика и металлоконструкции строительных и дорожных машин: учебник. М., 1988. С. 10, 11)

Тема 6. ПРОЧНОСТЬ НЕСУЩИХ СИСТЕМ РЭС

Сведения из теории сопротивления материалов (Еленев С. А. Холодная штамповка: учебник. М., 1981. С. 9 – 16)

Переменные напряжения. Выбор допускаемых напряжений (Красновский Е. Я., Дружинин Ю. А., Филатова Е. М. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем: учеб. пособие. М., 1991. С. 171 – 178)

Бобков Н. М. Оценка усталостной прочности несущих деталей БНК при воздействии вибрации // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 1997. № 4

Прочность и жесткость конструкций (Рошин Г. И. Несущие конструкции и механизмы РЭА: учебник. М.: 1981. С. 33 – 42)

Тема 7. ВОПРОСЫ БАЗИРОВАНИЯ В КОНСТРУИРОВАНИИ

Основные положения теории базирования (ГОСТ 21495 – 79 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. Приложение 1)

Базирование деталей (Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие. М., 2008. С. 57 – 64)

Основы базирования (Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: учеб. пособие. Л., 1982. С. 24 – 30, 34 – 41, 44 – 50)

Тема 8. КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Основы конструирования деталей (Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: учеб. пособие. Л., 1982. С. 9 – 16)

Справочное руководство по конструированию элементов радиоэлектронных средств (Приложение 2 к промежуточному отчету № 1 о НИР «Наледь. Исследование конструкций несущих систем, электроустановочных изделий и других элементов РЭС. Составление комплекса методических пособий «Конструкции элементов РЭС в примерах и задачах» / Нижегородский технический колледж; руководитель Н. М. Бобков; № ГР 01990006251; Инв. № 02200000313. Н. Новгород, 1999)

Тема 9. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Модульные и базовые конструкции изделий, базовые изделия (Из рекомендаций Р 50-54-103 – 88 Модульные и базовые конструкции изделий. Основные положения)

Бобков Н. М. Принцип базового проектирования в радиоаппаратостроении // Справочник. Инженерный журнал. 2003. № 2

Бобков Н. М. Агрегатное и модульное проектирование технических систем // Справочник. Инженерный журнал. 2009. № 5

Бобков Н. М. Базовые несущие конструкции аппаратуры Нижегородского приборостроительного. Проектирование оболочек герметичных корпусов // Кварц: радиоизмерения и электроника: научно-технический и рекламно-коммерческий периодический журнал НИИПИ «Кварц». 1996. Вып. № 5

Тема 10. УНИФИКАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ РЭС

Унификация изделий (Из ГОСТ 23945.0 – 80 Унификация изделий. Основные положения)

Расчет показателей уровня унификации и стандартизации изделий (Из методических указаний РД 50-33 – 80 Определение уровня унификации и стандартизации изделий)

Оценка состояния государственной стандартизации БНК в России (Раздел 3 промежуточного отчета № 1 о НИР «Берилл. Несущие системы и базовые несущие изделия РЭС специального и общего применения. История конструкций, современные требования, перспективы» / Нижегородский научно-производственный центр современных технологий «Берег-Волна»; руководитель Н. М. Бобков; № ГР У83485; инв. № Г36590. Н. Новгород, 2000)

Эволюция БНК Нижегородского научно-исследовательского приборостроительного института «КВАРЦ» (Разделы 1 – 4 заключительного отчета о НИР «Берилл. Несущие системы и базовые несущие изделия РЭС специального и общего применения. История конструкций, современные требования, перспективы» / Нижегородский научно-производственный центр современных технологий «Берег-Волна»; руководитель Н. М. Бобков; № ГР У83485; инв. № Г38225. Н. Новгород, 2000)

Тема 11. ОСНОВНЫЕ НОРМЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Допуски и посадки гладких цилиндрических и плоских соединений (Допуски и посадки: справочник. В 2-х ч. Ч. 1. Л., 1982. С. 8 – 10, 12 – 19, 28 – 31)

Шероховатость поверхности (Орлов П. И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1. М., 1988. С. 287 – 295)

Обозначения шероховатости поверхностей (из ГОСТ 2.309 – 73 ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей)

Тема 12. ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ ТОНКОСТЕННЫХ СИСТЕМ

Кручение брусьев прямоугольного поперечного сечения (Бородин Н. А. Сопротивление материалов: учебник. М., 1992. С. 74 – 76)

Некоторые общие вопросы теории тонкостенных стержней (Бояршинов С. В. Основы строительной механики машин: учеб. пособие. М., 1985. С. 5 – 7)

Кручение тонкостенных брусьев (Любощиц М. И., Ицкович Г. М. Справочник по сопротивлению материалов. Минск, 1969. С. 157 – 164)

Кручение брусьев тонкостенного профиля (Бородин Н. А. Сопротивление материалов: учебник. М., 1992. С. 76 – 78)

Кручение тонкостенных брусьев открытого профиля (Глушков Г. С., Синдеев В. А. Курс сопротивления материалов: учебник. М., 1965. С. 236, 237)

Тема 13. ПРЕДОХРАНЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ САМООВИНЧИВАНИЯ

Трение покоя при вибрации (Литвин Ф. Л. Проектирование механизмов и деталей приборов. Л., 1973. С. 46 – 48)

Предохранение резьбовых соединений от самоовинчивания (Решетов Д. Н. Детали машин: учебник для вузов. М., 1989. С. 135 – 138)

Способы и виды предохранения резьбовых соединений от самоовинчивания (Из ОСТ 4Г 0.019.200 Соединения резьбовые. Способы и виды предохранения от самоовинчивания. Технические требования)

Тема 14. ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Термины и определения основных понятий (Из ГОСТ Р 27.102 – 2021 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения)

Проектирование радиоаппаратуры с учетом требований надежности (Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры: учебник для техникумов. М., 1989. С. 16 – 37)

Интенсивности отказов элементов электронной аппаратуры в номинальном режиме ($T = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $K_n = 1$) и поправочные коэффициенты (Теория надежности радиэлектронных систем в примерах и задачах / Под ред. Г. В. Дружинина. М., 1976. С. 136 – 138, С. 339 – 347)

Николай Михайлович Бобков – преподаватель Нижегородского радиотехнического колледжа, конструктор Нижегородского научно-производственного объединения имени М. В. Фрунзе.

E-mail: n.bobkov@mail.ru