Гр.МД-18 18.05.20 Основы технической механики и гидравлики Захаров Г,П.

 **Лекция 2:Способ *стопорение резьбовых соединений***

***Стопорение резьбовых соединений***

Даже мелкие резьбы под действием вибрационных и ударных нагрузок склонны к постепенному ослаблению и развинчиванию. В этих условиях необходимо применять дополнительные средства, предотвращающие самоотвинчивание резьбовых соединений. Известно множество приёмов борьбы с самоотвинчиванием резьбовых соединений. Применение любого из таких приёмов и называют ***стопорением (контровкой) резьбового соединения от самоотвинчивания.***

При статическом нагружении в этом нет надобности, т.к. сохраняется требование самоотражения: угол подъёма резьбы 1°40’ – 3°30’ меньше угла трения. Предохранение от самоотвинчивания важно для повышения надежности резьбовых соединений и совершенно необходимо при вибрациях, переменных и ударных нагрузках. Вибрации понижают трение и нарушают условие самоторможения в резьбе.

1. Стопорение дополнительным трением (рис.37), за счёт создания дополнительных сил трения, сохраняющихся при снятии с винта внешней  нагрузки (контргайка, воспринимающая основную осевую нагрузку, и ослабляющая силу трения и затяжки в резьбе основной гайки, необходима взаимная затяжка гаек; самоконтрящиеся гайки с радиальным натягом резьбы после нарезания резьбы и пластического обжатия специальной шейки гайки на  эллипс; самоконтрящиеся гайки с несколькими радиальными прорезями; гайки с полиамидными кольцами без резьбы, которая нарезается винтом при завинчивании, обеспечивают большие силы трения, в винте применяют полиамидную пробку; контргайка цангового типа (сверху) при навинчивании обжимается на конической поверхности; арочного типа (снизу) при навинчивании разгибается и расклинивает резьбу; пружинные шайбы, усиливающие трение в резьбе; пружинные шайбы с несколькими отогнутыми усиками; специальные винты через медную или свинцовую прокладку или деформированием гайки с прорезями, перпендикулярными оси, применяют при спокойных нагрузках.



**Рис. 37. Стопорение за счёт дополнительной силы трения**

2. Стопорение специальными запирающими элементами (рис.38), полностью исключающими самопроизвольный проворот гайки (шплинты  ГОСТ 397-79 сгибаемые из проволоки полукруглого сечения плоскими сторонами внутрь, их выпадению препятствуют петля и разогнутые концы; шайбы с лапками ГОСТ 3693/95-52, одна из которых отгибается по грани гайки, а другая по грани детали, стопорение такими шайбами, как и шплинтами, весьма надёжно и широко распространено; шайбы с лапками ГОСТ 11872-80  стопорят гайки со шлицами при регулировке подшипников качения на валу, внутренний носик отгибается в канавку винта, а наружные лапки – в шлицы гайки; обвязка головок болтов проволокой через отверстия в групповых соединениях с натяжением проволоки в сторону затяжки болтов.



**Рис. 38. Стопорение запирающими элементами**

3.  Стопорение может выполняться также пластическим деформированием или приваркой после затяжки.

4. ***Гаечные замки.*** Во избежание са­моотвинчивания гаек, винтов применяют особые устройства, называемые гаечными замками.При установке контргайки *2*(рис. 39, *а)*создается дополнительное натяжение и трение в резьбе, поэтому самоотвинчивание гайки *1*затрудняется. При установке пружинной шайбы (см. рис. 39, *г)*самоотвинчивание исключается за счет упругости шайбы. Кроме того, упругость этой шайбы значительно уменьшает вибрации гайки. При установке шплинта (рис. 39, *б, в)*или при обвязке группы болтов проволокой (рис. 39, *г)*гайка жестко соеди­няется со стержнем болта (шпильки). Иногда гайки жестко соединяют с деталью с помощью специальной шайбы (см. рис. 36, *б),*планки (рис. 39, *д)*и т. п.



**Рис. 39. Конструкции гаечных замков**

5. ***Гайки самостопорящиеся***

Самостопорящимися называют гайки, обеспечивающие фиксацию соединения  за счёт дополнительных сил трения, возникающих между деформированными участками резьбы гайки или неметаллической вставки и резьбой стержневой детали – болта, винта, шпильки, или иным способом. Деформированный участок резьбы препятствует свободному (без усилия) завинчиванию или отвинчиванию гайки. Характеристику этого явления называют «преобладающим моментом» завинчивания гайки на болт до приложения момента затяжки или отвёртывания после снятия усилия затяжки. Величину преобладающего момента измеряют во время вращения гайки. Надёжная фиксация резьбовых соединений обеспечивается без использования таких вспомогательных деталей, как контргайки, пружинные, стопорные (зубчатые), тарельчатые шайбы или шплинты.

Основополагающим стандартом является ГОСТ Р 50271-92 Гайки шестигранные стальные самостопорящиеся. Механические и эксплуатационные свойства (на основе ИСO 2320-83). На гайки самостопорящиеся цельнометаллические имеется ГОСТ Р 50272-92 (соответствует ИСO 7042-83),  а с неметаллической вставкой – ГОСТ Р 50273-92  (ИСO 7043-83).

В цельнометаллических гайках увеличение трения в резьбе  достигается за счёт некоторого местного искажения резьбы  на  небольших участках с помощью операции, которую принято называть «обжатием». Она  производится  на специальных автоматах после нарезки резьбы и термообработки. Обжатие может производиться в радиальном направлении (по граням или по торцевому выступу),  в осевом направлении или под углом к оси резьбы со стороны торца или торцевого выступа (рис.40).



**Рис. 40. Гайки самостопорящиеся**

Гайки с неметаллической вставкой (кольцом из полимера). При сборке с корпусом гайки вставку фиксируют от проворачивания. Внутренний диаметр вставки примерно равен  среднему диаметру резьбы. При навинчивании гайки на болт в полимерной вставке выдавливается резьба, а упругие свойства этого материала  обеспечивают стопорение. После снятия гайки резьба во вставке не сохраняет своей формы – частично заплывает, что позволяет сохранять стопорящие свойства при многократных сборках – разборках.

Гайки с резьбовой  пружинной вставкой, известной под торговым названием HeliCoil® plus Screwlock (самостопорящаяся),  имеющей обжатый виток, например, на эллипс или многогранник, представляют значительный интерес.  Такие вставки обеспечивают эластичный и надёжный зажим  гайки на резьбе болта. Эти гайки, кроме стопорящих свойств, обладают всеми другими, присущими системе  HeliCoil.

Свойства всех перечисленных гаек регламентированы величиной преобладающего вращающего момента во время 1-го завёртывания, 1-го и 5-го отвёртывания, которые должны быть в пределах величин, указанных в соответствующих стандартах. Например, для самостопорящейся цельнометаллической гайки М8 класса прочности 8 (цинковое покрытие, без смазочного материала) момент затяжки составляет 20,7…30,4 Нм (min-max). Преобладающий момент 1-го завёртывания должен быть не более 6,0 Нм, 1-го отвёртывания не менее 0,85 Нм,  а 5-го отвёртывания не менее 0,6 Нм. При таких показателях гайка признаётся самостопорящейся.

Самостопорящиеся гайки могут быть с фланцем. Это способствует повышению надёжности  стопорения за счёт увеличения момента страгивания при отвинчивании.

Гайки с зубчатым опорным торцом (чаще всего на фланце) не имеют преобладающего момента. Стопорение возникает непосредственно после завершения процесса затяжки соединения. При затяжке  зубья врезаются в поверхность сопрягаемой детали, фиксируя положение гайки. Этот вид гаек не стандартизован,  проверить  их стопорящие свойства можно по результатам сравнительных стендовых испытаний или  величине момента страгивания при отвинчивании. Гайки с зубчатым торцом по прочности должны быть примерно одинаковы с присоединяемой деталью, иначе обеспечение стопорения не гарантировано.

Стандарты не устанавливают конструкцию и размеры стопорящих элементов, допуская различные варианты их исполнения. Главное, чтобы было обеспечено выполнение требований ГОСТ Р 50271 (ИСО 2320). Это обстоятельство объясняет многообразие видов самостопорящихся гаек – в одной машине можно увидеть отличающиеся исполнения самостопорящихся гаек. Широкое использование самостопорящихся гаек позволяет  сократить количество крепёжных деталей в соединениях и на порядок увеличить их надёжность и межремонтное обслуживание техники.

***О дополнительных методах стопорения***

Основная задача крепёжных деталей создать и надёжно сохранить усилие затяжки соединения на период эксплуатации узла. Значит, в первую очередь надо обеспечить создание этого усилия. Приведённые выше способы и детали для стопорения играют важную роль, но лишь при обеспечении первоначальной затяжки. Для повышения стопорящих свойств часто применяют крепёжные детали с мелкой резьбой.

На работоспособность резьбового соединения при правильной его затяжке оказывает влияние множество факторов. Это прочность крепёжных и соединяемых деталей, шероховатость контактирующих поверхностей, наличие смазки и др. Снижение усилия затяжки и в результате ослабление резьбового соединения происходят по разным причинам – под влиянием внешних знакопеременных сил, ударных нагрузок, направленных вдоль оси или под углом к ней, из-за пластических деформаций материала соединяемых деталей под головкой болта или гайкой. При этом, чем больше деталей в соединении (включая и шайбы), тем быстрее произойдёт его ослабление во время эксплуатации.

 На рис.41 показаны обобщенные кривые самоотвинчивания различных резьбовых соединений и способов их фиксации, построенные по результатам сравнительных испытаний циклическими нагрузками при колебаниях в плоскости стыка соединяемых деталей по методу Юнкера. Число колебаний 13…16 в минуту, создаваемое испытательным стендом, позволяет моделировать наиболее жесткие условия, возникающие при эксплуатации автомобилей.



**Рис. 41**

Рассмотрим применение для стопорения пружинных шайб. Их повсеместно и в больших количествах применяют в продукции отечественного машиностроения. Что же дают такие шайбы в конструкции соединений? Важно знать, что они  способны создавать некоторый эффект стопорения лишь с болтами низкой прочности и малой длины. Например,  переменная нагрузка на болт *М*10х15 в соединении с небольшим усилием затяжки может быть снижена на 30…40%.  В соединении с болтом средней длины, например, *М*10х45 снижение уже не превышает 8…10%.  Известный ученый в области крепёжных соединений и их стопорения Г.Б.Иосилевич в своих работах называл шайбы пружинные и зубчатые «мнимыми» формозапирающими элементами.  Германский институт стандартизации ещё в 1987 году ограничил применение пружинных и зубчатых шайб по ДИН 127, 128. 7880 с болтами классов прочности не выше 6.8, установил  срок в 5 лет для полного отказа от этих конструкций и запланировал их отмену без замены. У нас такие шайбы очень часто ставят под детали класса прочности 8.8 – 8  и  выше.

Кривые самоотвинчивания показывают, что  пружинные и стопорные шайбы имеют худшие показатели. Повсеместно в соединениях болт-гайка пружинную шайбу устанавливают только под гайку, что нарушает принцип «глобального» стопорения, который гласит, что стопорить надо обе детали. Для справки: отношение упругой силы  нормальных (Н) пружинных шайб  к усилию затяжки резьбового соединения  для класса прочности 6.8 составляет 1,2…1,8%, а для  8.8  всего 1…1,4% ( ГОСТ 6402-70).

Таким образом, применение в машиностроительной продукции пружинных и стопорных (зубчатых) шайб ничем не обосновано. От такой «традиции» не надо бояться отказываться. Мировая практика автомобиле-строения достаточно убедительно  это доказывает.

Имеется немалый опыт создания специальных крепёжных деталей, обеспечивающих повышенную надёжность, например, для высоконагруженных узлов (болты шатунов, болты крепления головки к блоку цилиндров и др.). К ним относят так называемые «податливые» болты с утонённым стержнем (Таблица 9, п .4.3). Они, как правило, имеют класс прочности не ниже 10.9 и длину стержня не менее 8…10 диаметров резьбы. При затяжке болта напряжения в утонённом стержне доводят до состояния упругих деформаций, что обеспечивает надёжное сохранение усилий затяжки на длительный период. Высокими стопорящими свойствами обладают специальные болты и гайки для крепления колёс автомобилей. Они имеют коническую или сферическую опорную поверхность и мелкую резьбу.

Большую применяемость получило использование резьбовых анаэробных герметиков, их наносят на резьбу болтов или гаек. При сборке герметик заполняет зазоры в резьбе и в отсутствие кислорода воздуха затвердевает, обеспечивая надёжное стопорение. Созданы составы гранулированных герметиков, которые наносят на резьбу заблаговременно. В таком виде крепёжные детали удобно хранить и транспортировать. При сборке гранулы разрушаются и  происходит фиксация соединения. Применение герметиков позволяет также отказаться от тугой и иной специальной резьбы с натягом, часто применяемых на ввёртываемом конце шпилек.

Для стопорения допустимо применение шплинтов, шплинт-проволоки, шайб с лапками или носиком, контргаек, стопорных винтов и других приёмов стопорения вспомогательными деталями. Все они предусматривают ручные операции, удорожающие и усложняющие сборку. Вспомогательных деталей имеется много, и все они на современном этапе развития крепёжной техники приемлемы лишь для единичного или мелкосерийного производства. В большинстве случаев отказаться от вспомогательных деталей позволяет применение прогрессивных крепёжных деталей.