***«Расчеты на прочность резьбовых соединений».***

### Расчет резьбовых соединений на прочность

**Основные виды разрушения резьбы:**

* крепежных − срезание витков;
* ходовых − износ витков.

**Основные критерии работоспособности и расчета**

* для крепежной резьбы − прочность, связанная с напряжениями среза τ,
* для ходовой резьбы − износостойкость, связанная с напряжениями смятия  .

 При одинаковом материале винта и гайки по напряжениям среза рассчитывают только резьбу винта.

**Высота гайки и глубина завинчивания**

 Равнопрочность резьбы и стрежня винта является одним из условий определения высоты стандартных гаек.

 Прочность резьбы для нормальных и высоких гаек превышает прочность стрежня винта.

 Стандартные высоты гаек  и глубина завинчивания исключает необходимость расчетов на прочность резьбы стандартных крепежных деталей.

### Расчеты на прочность стрежня винта при различных видах нагружения

**Стрежень винта нагружен только внешней растягивающей силой**

 Опасное сечение − сечение, ослабленное резьбой. Площадь сечения приблизительно оценивают по внутреннему диаметру  резьбы .

**Болт затянут, внешняя нагрузка отсутствует**

 Пример: болты для крепления ненагруженных герметичных крышек и люков корпусов машин. Стрежень болта растягивается осевой силой  , возникающей от затяжки болта, и закручивается моментом сил в резьбе. Прочность болта определяется по эквивалентным напряжениям.

 Болты М10...М12 можно разрушить при некачественно выполненной затяжке. Болты М6 разрушаются при силе 45Н, М12 при силе 180Н, в среднем и тяжелом машиностроении не рекомендовано применять  болты меньшие М8.

**Болтовое соединение нагружено силами, сдвигающими детали**

 Условие надежности соединения − отсутствие сдвига деталей в стыке.

***Болт поставлен с зазором***

 Внешняя нагрузка   уравновешивается силами трения в стыке, образованными от затяжки болта.

 В соединении, в котором болт поставлен с зазором, внешняя нагрузка не передается на болт. Поэтому болт рассчитывается только на статическую прочность по силе затяжки даже при переменной нагрузке (влияние переменной нагрузки учитывается повышением коэффициентов запаса).

***Болт поставлен без зазора***

 В этом случае отверстие калибруют разверткой, а диаметр стрежня болта выполняют с допуском, обеспечивающим  посадку без зазора. При расчетах силы трения в стыке не учитывают, потому что затяжка болта не обязательна (болт можно заменить штифтом). Стрежень болта рассчитывают по напряжениям среза и смятия.Расчеты на смятие проводят по условным напряжениям.

 Расчеты выполняют по самому большому напряжению смятия, а допускаемые напряжения определяют по наиболее слабому из материалов болта или детали.

Установка болта с зазором

* дешевле (не нуждается в точных размерах);
* условия работы хуже (расчетная нагрузка превышает внешнюю нагрузку; вследствие нестабильности коэффициента трения и тяжести контроля затяжки робота таких соединений при нагрузке сдвига недостаточно надежная).

**Болт затянут, внешняя нагрузка раскрывает стык деталей**

 Пример: болты для крепления крышек резервуаров, нагруженных давлением жидкости или газа. Затяжка болтов должна обеспечивать герметичность соединения или нераскрытие стыка под нагрузкой.
После приложения внешней нагрузки к затянутому соединению болт дополнительно растягивается на некоторую величину, а деформация сжатия деталей уменьшается и эту ту же величину.

 Достаточная предварительная затяжка  , которая обеспечивает нераскрытие стыка деталей, является условием надежности и герметичности соединения.

 Факторы, влияющие на нераскрытие стыка:

* качество обработки поверхности (для ответственных деталей применяют шлифование);
* число поверхностей стыка (чем больше поверхностей стыка, тем хуже);
* качество поверхности и точность резьбы (грубая резьба сминается и уменьшает силу затяжки);
* надежность способа стопорения;
* качество прокладок (упругие прокладки лучше сохраняют затягивание в стыке).

Таким образом, целесообразно сильно затягивать соединения, особенно при переменных нагрузках.

**Эффект эксцентричного болта**

 Эксцентричная нагрузка возникает в случаях непараллельности опорных поверхностей детали и гайки или головки болта. Кроме напряжений растяжения возникают напряжения изгиба и эксцентричная нагрузка может в значительной мере уменьшить прочность болта.

 Меры, позволяющие устранить эксцентричную нагрузку:

* планирование неравных поверхностей;
* подкладывание под гайку косую шайбу и т.п.

### Расчеты соединений, включающих группу болтов

Расчеты приводится к определению расчетной нагрузки для наиболее нагруженного болта.
Предположение:

* поверхности стыка остаются плоскими;
* поверхности стыка имеют минимум две оси симметрии, а болты  расположены симметрично относительно этих осей;
* все болты одинаковы и одинаково втянуты.

 Равнодействующая нагрузка перпендикулярна плоскости стыка и проходит через его центр тяжести.

 Типичный случай соединения круглых и прямоугольных крышек, нагруженных давлением жидкости или газа. При этом болты затягивают, чтобы обеспечить плотность соединения. Все болты соединения  нагружены одинаково.

**Нагрузка соединения сдвигает детали в стыке**

 Пример: крепление кронштейна. При расчетах силу заменяют такой же силой, приложенной в центре тяжести стыка, и моментом  . Нагрузка от силы R распределяется по болтам равномерно  . Нагрузка от момента распределяется по болтам пропорционально их деформациям при повороте кронштейна, пропорционально расстояниям болтов от центра тяжести стыка, являющимся центром поворота.

***Болты поставлены  без зазора***

 Нагрузка воспринимается непосредственно болтами. Прочность болтов и деталей рассчитывается по напряжениям среза и смятия.

***Болты поставлены  с зазором***

 Нагрузки воспринимаются силами трения в стыке, для образования которых болты затягивают.

 Приблизительно считают, что равнодействующая сил трения приложена к центру соответствующего отверстия.

 Соединение будет прочным (детали не сдвинутся), если равнодействующая сил трения под каждым болтом не меньше, чем соответствующая равнодействующая сил

***Нагрузка соединения раскрывает стык деталей***

Пример: крепление кронштейнов, стоек и т.п. Силу R раскладываем на составляющие, действие которых  заменяют действием сил, приложенными к центру стыка, и действием момента.   Возможность раскрытия стыка и сдвига деталей устраняется затяжкой болтов.

***Расчеты из условия нераскрытия стыка.***

До приложения нагрузки R затяжка в стыке образовывалась напряжениями смятия.

***Расчеты из условия отсутствия сдвига деталей стыка (проверочный)***

Если условие отсутствия сдвига не выполняется, это означает, что условие нераскрытия стыка не является решающим и затяжку нужно определять из условия отсутствия сдвига или ставить болты без зазора.

 При больших нагрузках сдвига применяют специальные устройства, разгружающие стык (болты ставятся с зазором и воспринимают только раскрывающую стык нагрузку):

* штифты;
* втулки;
* шпонки;
* упоры.

### Материал

* Сталь Ст3
* Низкоуглеродистые стали (сталь 10 ... сталь 35) − для стандартных крепежных деталей (изготовление методом холодной высадки  или штамповки с последующей накаткой резьбы);
* Легированные стали (35Х, 30ГСА) – для высоконагруженных деталей при переменных или ударных нагрузках, высоких температурах, в агрессивных средах.

 Для повышения прочности, коррозийной устойчивости, жаропрочности применяют специальные виды термической и химико-термической обработки, нанесение гальванических покрытий, например, улучшение, цинковое или кадмиевое хромирование, хромовое или медное покрытие и т.п