

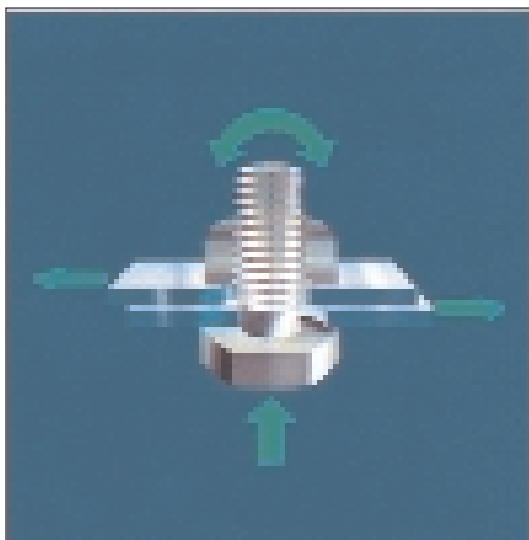


## **ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ**

Применение анаэробного фиксатора резьбы в резьбовых соединениях придает им большую долговечность, предотвращает образование задиров при монтаже и ослабление под воздействием вибрации.

## 3 ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ

Рис. 24:  
Прочность резьбовых соединений зависит от действия нагрузок или крутящего момента на сборку вдоль и/или поперек оси болта.



### 3.1 Причины ослабления резьбовых соединений

Водяной винт, изобретенный Архимедом (287-212 гг. до н.э.), положил начало созданию резьбовых соединений - наиболее распространенного метода крепления разъемных деталей, ныне широко применяемого во всех конструкциях машиностроения, при сборке, монтаже и ремонте оборудования. Они стали настолько привычными в производстве, что их работа серьезно не анализируется. Существует два основных фактора нарушения резьбовых соединений:

- ослабление усилия затяжки, и
- самоотвинчивание

#### 3.1.1 Ослабление усилия затяжки

При изменениях температурного режима, а также осевой нагрузки на болт, происходит увеличение его длины и, как следствие, ослабление усилия затяжки. Деформация прокладочных материалов может также быть причиной такого ослабления. Изменения в длине могут быть результатом:

- **Проседания** - шероховатые поверхности соприкасающихся деталей (например, гайки, шайбы) деформируются под давлением болтового натяжения.
- **Проскальзывания** - давление на опорные поверхности болтов или гаек превышает сопротивление сжатию соединяемых материалов.

#### 3.1.2 Методы предотвращения ослабления усилия затяжки

Уменьшение усилия затяжки можно в значительной степени предотвратить, если упругость соединения увеличится до такой степени, что ожидаемая величина проседания и проскальзывания будет скомпенсирована. Это можно осуществить следующими способами:

- применением болтов с высоким отношением  $L/d$  ( $L$  = длина болта,  $d$  = диаметр болта);
- применением фланцевых болтов и гаек наряду с упрочненными и закаленными шайбами, которые снижают давление на поверхность и тем самым возможность проседания на опорные поверхности;
- применением болтов и гаек с напрессованной пружинной шайбой или шайбой с вогнутой поверхностью;
- применением конических пружинных шайб или тарельчатых пружин.

### 3.1.3 Самоотвинчивание

После процедуры фиксации в болте поддерживается нагрузка сжатия, т.к. болт был затянут подобно пружине и перемещение гайки к головке болта создает сжимающую силу между фиксируемыми частями. Как только исчезает напряжение сжатия, появляется тенденция к откручиванию гайки. Трение в резьбе и между головкой болта и гайкой препятствует затяжке болта. Математически это можно представить так:

$$T_L = F_V \times d \times \mu_{th} / (2 \times \cos r) + F_V \times d_h \times \mu_h / 2 - F_V \times d \times \operatorname{tg} f / 2$$

Где:

$T_L$  = равнодействующее усилие на болт после уплотнения

$F_V$  = напряжение в болте

$d$  = диаметральная шаг резьбы

$d_h$  = действительный диаметр головки

$f$  = винтовой угол резьбы

$r$  = резьбовой полуугол ( $30^\circ$  по резьбовому стандарту ISO)

$\mu_{th}$  = коэффициент трения в резьбе

$\mu_h$  = коэффициент трения между головкой болта и прилегающей поверхностью (подразумевается, что гайка неподвижна)

Если резьбовое соединение подвергается переменным нагрузкам или вибрации, эффект блокировки, вызванный трением, понижается, что дает гайке возможность свободно скользить по резьбе, ослабляя силу сцепления. Вибрации могут быть в продольном или поперечном направлении или скомбинированы в обоих направлениях. Знакопеременные горизонтальные нагрузки и поперечные вибрации представляют гораздо большую опасность и быстрее ослабляют обычные незафиксированные резьбовые соединения. Чередования осевых нагрузок и продольных вибраций ведут к ослаблению резьбовых соединений в меньшей степени.

### 3.1.4 Предотвращение самоотвинчивания

Нижеперечисленные методы позволяют предотвратить самоотвинчивание стандартных резьбовых соединений:

- Использование высокопрочных болтов позволяет увеличить усилие их затяжки, создавая напряжения, достаточные для предотвращения относительных перемещений.
- Применение конструкций с увеличенным отношением  $L/d$  ( $L$  = длина болта,  $d$  = диаметр болта) повышает упругость соединения. (Обычно оптимальным считается соотношение  $L/d > 6$ )
- Обработка опорных поверхностей болтов и гаек увеличивает коэффициент трения
- Применение резьбового фиксатора сокращает степень свободы для поперечных сдвигов, поскольку резьбовые зазоры полностью заполняются клеем, и после его полимеризации увеличивается трение резьбовой поверхности, благодаря межвитковому соединению.
- Создание механической связи (болтов с плотной посадкой, сварных точек и т.д.) ограничивает проскальзывание в резьбе.

## 3 ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ

### 3.2 Способы фиксации резьбовых соединений

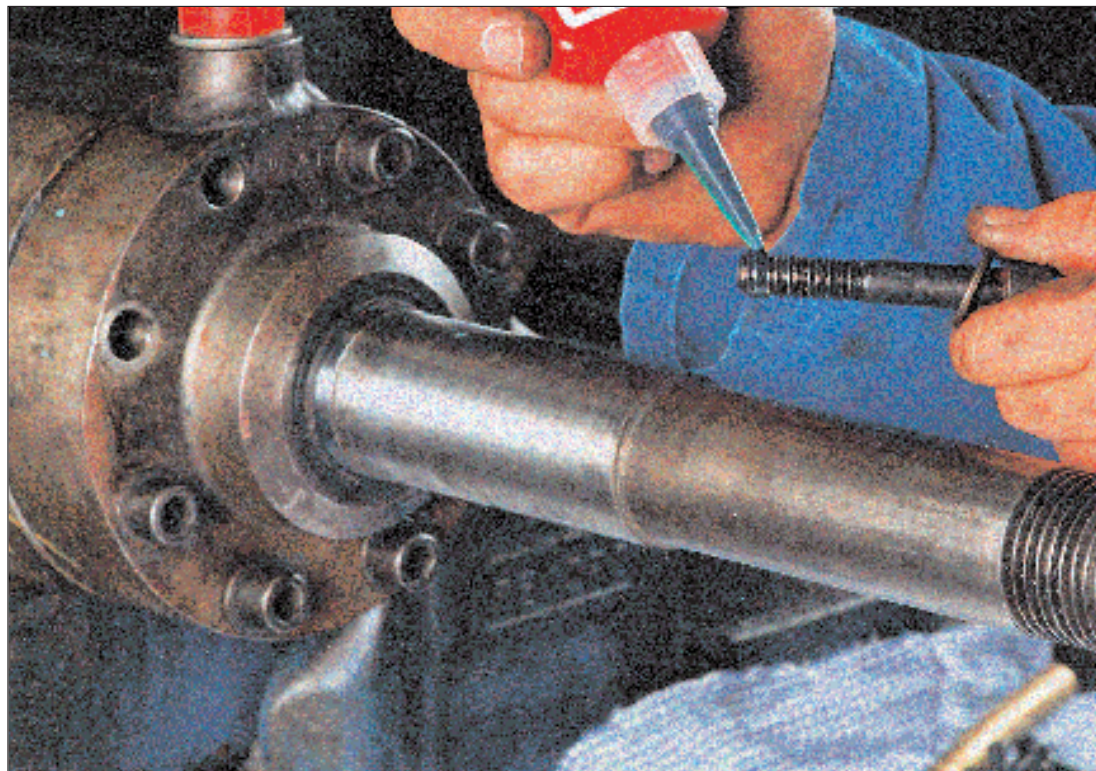
Способы фиксации резьбовых соединений можно разделить на три группы:

#### 3.2.1 Способ деформации:

Увеличение упругости соединения компенсируется за счет проседания после сборки. Усилие предварительного напряжения, таким образом, сохраняется и препятствует ослаблению резьбового соединения. Этот метод, однако, не предотвращает самоотвинчивание резьбового

соединения, если имеются относительные колебания между напряженными деталями. Примерами способа деформации могут служить конические пружинные шайбы и тарельчатые пружины высокой жесткости. Эффект фиксации резьбовых соединений с помощью других элементов, например, пружинных шайб, эластичных и зубчатых шайб, шайб веерного типа, не является адекватным. Такие шайбы не рекомендуется применять для фиксации болтов класса 8.8 (американский эквивалент - марка 5) и выше.

Рис. 25:  
Болт установлен на картер двигателя и закреплен фиксатором резьбы **Loctite**.



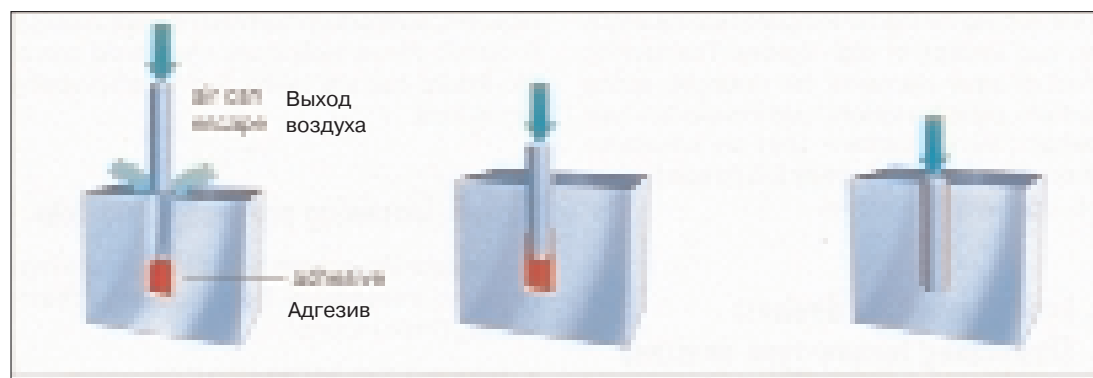
### 3.2.2 Устройства для предотвращения самоотвинчивания

Крепежные элементы для предотвращения самоотвинчивания могут частично уменьшить усилие затяжки, но препятствуют самоотвинчиванию резьбового соединения. Примеры: корончатые гайки, проволочные фиксаторы, болты с резьбовыми вставками из металла или пластмассы. Эти элементы часто позволяют избежать нарушения фиксированного положения, но они не эффективны для поддержания первоначального усилия затяжки.

### 3.2.3 Средства для предотвращения самоослабления.

Средства для предотвращения самоослабления резьбовых соединений включают в себя:

- болты и гайки со стопорящими зубчиками
- болты с рифленным фланцем
- клеи



### 3.3 Продукты Loctite для фиксации резьбы

Устройства для предотвращения самоотвинчивания должны соответствовать высочайшим стандартам в вопросах фиксации резьбы. Корпорация **Loctite** разработала однокомпонентные жидкие клеи, которые полностью заполняют микроскопические зазоры между граничными плоскостями резьбовых соединений (см. Введение к главе 2) и затем, при контакте с металлом и отсутствии воздуха, полимеризуются в прочную, твердую, термо-реактивную пластмассу. Резьбовой фиксатор создает соединение граничных резьбовых плоскостей, сцепляющее шероховатости их поверхностей, для предотвращения любых перемещений резьбовых деталей. Таким образом, проблема решается там, где она возникает, а именно в резьбе. Вот почему резьбовые фиксаторы **Loctite** считаются наиболее эффективным средством против самоотвинчивания крепежных соединений.

Рис. 26:

При монтаже резьбовой части с нанесенным на неё продуктом в глухое отверстие, сжимаемый воздух, находящийся в нём, не даст продукту покрыть всю резьбовую часть, а выдавит клей наружу, что может значительно снизить прочность фиксации. Для предотвращения этого негативного явления, продукт необходимо наносить на дно отверстия, что послужит “резервуаром” для клея. Для снижения расхода продукта, перед его нанесением на дно отверстия могут устанавливаться резиновые пробки.

## 3 ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ

Очень важно, чтобы вся длина резьбы была покрыта фиксатором и чтобы не было никаких препятствий для полимеризации клея (отдельные масла или очистители могут затруднять или даже полностью исключать прохождение анаэробной реакции). Жидкие анаэробные фиксаторы наносятся на резьбовую часть вручную или при помощи специальных дозирующих устройств. Оптимальное количество наносимого продукта зависит от следующих параметров: размера резьбы, вязкости фиксатора и конфигурации деталей. Если детали имеют большие размеры, то наносить клей необходимо на обе поверхности. В глухих резьбовых отверстиях клей необходимо наносить на дно отверстия в таком количестве, чтобы после

сборки вытесненный резьбовой фиксатор распределился по всей длине резьбового контакта (см. рис. 26).

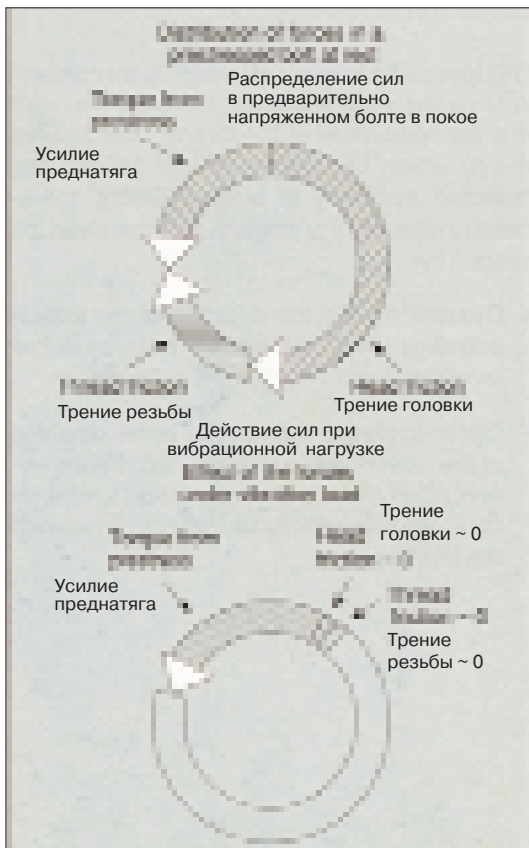
Некоторые анаэробные фиксаторы **Loctite** (в жидком состоянии) оказывают положительное воздействие на коэффициент трения в резьбе при монтаже, сравнимое со смазкой болтов. Это свойство дает возможность применять эти продукты на автоматических поточных линиях с использованием существующего сборочного оборудования. Однако, необходимо отметить, что предварительное напряжение и момент затяжки должны быть определены.

### 3.3.1 Достижение необходимого усилия сжатия

Приобретая гайку или болт, зачастую покупатель хочет иметь возможность определить, какое усилие сжатия деталей можно получить при их применении и как долго оно сохранится на первоначальном уровне. Кроме того, впоследствии может появиться необходимость в ослаблении и разборке данного соединения. Гайки и болты очень хорошо выполняют эту функцию, но должны быть грамотно использованы для получения желаемого результата в течение долгого времени.

Прилагая усилие к головке, мы затягиваем винт или болт. Вращательное усилие по часовой стрелке сокращает расстояние между болтом и гайкой. При появлении сопротивления (например, стягивание фланца) болт будет продолжать вращение до установления баланса между приложенным к головке крутящим моментом и реактивным моментом сопротивления сборки, определяемым тремя составляющими: трением между головкой болта и сопрягаемой поверхностью, трением в резьбе и напряжением болта. Распределение вращающего момента между этими тремя факторами показано на рис. 27 и 28.

Рис. 27:  
Действие сил на резьбовые соединения.





Соотношения равновесия можно представить следующей формулой:  $T = KdF$ ,

где  $T$  = момент затяжки

$d$  = диаметр болта

$F$  = усилие сжатия

$K$  = эмпирическая постоянная,

учитывающая все силы трения и переменный диаметр под головкой болта и в резьбе, где действуют силы трения. (Она не является коэффициентом трения, хотя и связана с ним.)

Значения  $K$  могут быть определены экспериментальным путем (см. рис. 29).

Значения коэффициента трения и, следовательно, постоянной  $K$  могут значительно колебаться вследствие крайне высокой силы сжатия поверхностями, которые могут быть шероховатыми, гладкими, оксидированными, подвергнутыми химической обработке и/или смазанными. Замасленная сталь имеет постоянную  $K$ , значение которой варьируется от 0.11 до 0.17 или  $\pm 20$  процентов. Суммарная сила трения поглощает 80–90 процентов момента затяжки (см. рис. 28). Следовательно, чтобы определить оптимальные значения момента затяжки для обеспечения определенной осевой нагрузки на болт, целесообразно провести специальные испытания с применением приспособлений для измерения крутящего момента. Технические данные по смазкам и другим материалам по обработке резьбы зачастую содержат значения постоянной  $K$ , нанесенные на кривую «вращающий момент - натяжение», представленную на рис. 30. Эти значения были получены на гайках и болтах 3/8 x 16 (приблизительно соответствует резьбе M10) при завернутой гайке. Резьба и торец гайки были смазаны. Несмазанные опорные поверхности, как головки болта, так и гайки, могут увеличить значение постоянной  $K$  почти в два раза. Резьбовые фиксаторы **Loctite** позволяют точно рассчитать момент затяжки и натяжение болта и, поэтому, идеально подходят для поточного производства. Факторами, влияющими на значение постоянной  $K$ , являются: материал крепежа и фланцев, скорость монтажа, качество болта, выбранный продукт **Loctite**, резьбовой зазор и шероховатость поверхностей.

Распределение моментов в предварительно затянутом болте.		
Процент от усилия преднатяга		
	UNC*	UNF**
Упругость болта	15%	10%
Трение в резьбе	39%	42%
Трение головки	46%	48%
<b>Общее</b>		
Усилие преднатяга	100%	100%
Усилие отворачивания	70%	80%

\*\*Для грубой резьбы  
\*\*Для точной резьбы

Рис. 28: Распределение моментов в предварительно затянутом болте.

Сравнительные* значения коэффициента К –смазывающие свойства резьбовых фиксаторов на различных материалах.		
Материал	Масло	Резьбовой фиксатор
Сталь	0.15	0.14
Фосфатирование	0.13	0.11
Кадмий	0.14	0.13
Нерж. сталь 404	0.22	0.17
Цинк	0.18	0.16
Латунь	0.16	0.09
Кремнистая бронза	0.18	0.24
Алюминий 6262. Та	0.17	0.29

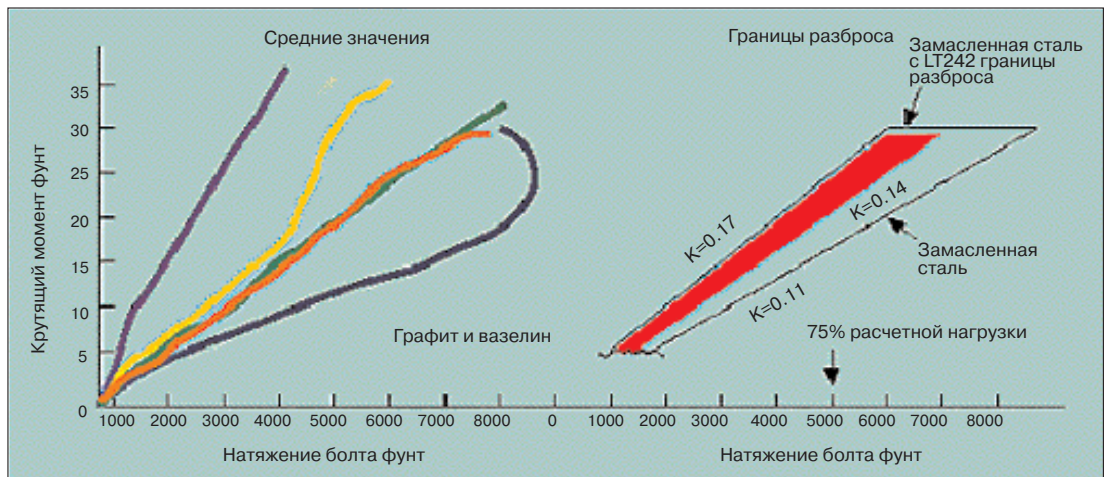
Все образцы опускались в 5% масляный раствор (95% - вода) и высушивались перед нанесением резьбового фиксатора.  
(Heat Bath Corp., Lab Oil 72D)

\*Разброс значений составлял  $\pm 15\%$ ; однако, для различных партий болтов может увеличиваться до  $\pm 20\%$ .

Рис. 29: Сравнительные значения коэффициента К – смазывающие свойства резьбовых фиксаторов на различных материалах.

## 3 ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ

Рис. 30:  
Напряжение при кручении.



### 3.3.2 Подбор болта

Чтобы получить необходимое усилие прижима  $F$ , конструктор должен подобрать соответствующий крепежный элемент. Усилие прижима, связанное с напряжением болта  $S$ , представлено следующим уравнением:

$$S = F/A$$

где  $A$  является площадью поперечного сечения болта или обычно сумма площадей нескольких болтов, используемых в соединении. Если материал болта известен заранее, то оптимальное значение напряжения болта  $S$  часто используется как 75% от допустимой нагрузки и, следовательно, можно подсчитать значение  $A$ . Затем из уравнения момент затяжки - напряжение можно определить диаметр и количество болтов:

$$T = k D F$$

Сжимающий вращающий момент будет создавать крутящее усилие сдвига. Если это превышает номинальную нагрузку на болт, количество болтов должно быть увеличено так, чтобы понизить максимальные нагрузки на каждый крепежный элемент. Процедуру можно выполнять, исходя от обратного: в случае, когда используется меньшее количество болтов требуется повышение максимальных нагрузок, поэтому вышеприведенное уравнение может быть применено для определения используемого материала болтов.

На практике значение  $k$  зависит от применения и должно определяться на основе опытов для каждой ситуации. Вышеприведенное уравнение (рис.30) служит только в качестве ориентира. Фактические же значения получаются экспериментальным путем.



### 3.3.3 Усталостная прочность

Усталостная прочность болтовых соединений определяется двумя путями: усталость болта и усталость соединяемого болтами материала. Усталость нормально затянутого болта в жестком соединении не скажется. Первоначальное напряжение болта сохранится относительно постоянным до тех пор, пока внешняя нагрузка на соединение не превысит нагрузку болта. Если эксплуатационные нагрузки на болт будут ниже расчетных - конструкторских, основанных на усилии преднатяга, то болт будет работать при незаметных колебаниях напряжения или вообще без напряжения и усталость болта не скажется на надежности соединения, независимо от количества циклов нагрузки. При повышении гибкости соединения переменное напряжение в винтовом или болтовом крепежах увеличивается. Если гибкость слишком велика, то присутствующие переменные нагрузки могут быть достаточно сильными, чтобы стать причиной усталостного разрушения крепежных элементов независимо от первоначальной предварительной нагрузки на них.

Важнейшее условие, которое может исключить циклические колебания напряжения из-за циклических нагрузок, состоит в надлежащем предварительном напряжении или предварительной нагрузке на крепежные детали. Результаты испытаний показывают, что соединение жестких деталей относительно упругими болтами является лучшим способом предотвращения поломок в результате усталости.

Применение резьбовых фиксаторов **Loctite** обеспечивает высокую надежность соединений. Клей заполняет все имеющиеся зазоры в резьбе, тем самым не оставляя места для микроперемещений крепежных средств.

### 3.3.4. Расчет безопасной нагрузки методом спектрального анализа

Конструкторам хорошо известны методы борьбы с усталостным износом. Грамотно спроектированное и собранное соединение сконструировано так, что часто усилия не достигают значений, способных вызвать усталостные поломки (см. главу 6 «Уплотнение»). Проблема становится очевидной при изучении спектра действующих сил. На рис. 31 показан небольшой сегмент показаний тензомера при испытании узла самолета. (Спектр нагрузки на усталость для деталей истребителя Falstaff.)

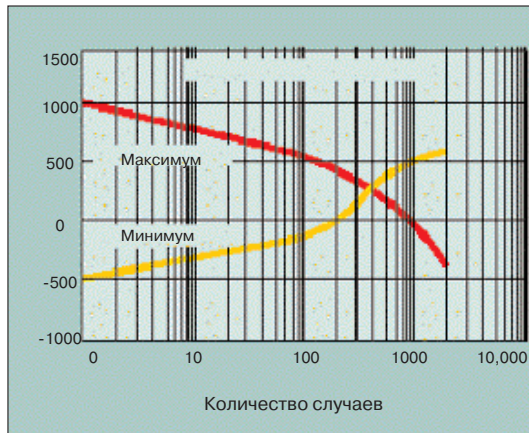
Сразу возникает вопрос, какой должна быть расчетная нагрузка соединения? Нам известно, что в соединении, стянутом с усилием, превышающим действующие на него нагрузки, циклические нагрузки на болты не возникают. Должна ли сила сжатия быть настолько высокой, что нагрузка на болт никогда не превысит значения разрушения в 4450 Н (1000 фунтов F), или может ли вероятностный риск допустить несколько сотен пиковых значений, которые конечно не могут вызвать усталостное разрушение, если они ниже предела усталости? Ответ на этот вопрос неоднозначен. Во первых, должен быть проведен спектральный анализ на вероятность возникновения пиковых нагрузок. На рис. 32 показаны результаты такого анализа.



Рис. 31:  
Спектр нагрузки.

## 3 ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ

Рис. 32:  
Суммирование  
спектра.



Во-вторых, должен быть рассмотрен другой аспект проблемы, не менее важный, чем вопрос усталости. Самоотвинчивание крепежных деталей может быть вызвано перегрузкой соединения. Только 50 смещений соединения в сторону послужат причиной потери 20 процентов усилия затяжки. Поскольку это усилие уменьшилось, то более слабые и более частые нагрузки вызывают скольжение и быстрый выход из строя данного соединения. Следовательно, конструктор должен одновременно с выбором размера болта определять и способ его фиксации. Различные методы фиксации по-разному оказывают влияние как на усилие сжатия, так и на тенденцию соединения к самоотвинчиванию. Если болт может быть закреплен от самоотвинчивания, то даже очень большое количество циклов перегрузки не окажут влияния на его работу. Расчетная нагрузка может быть долей пиковой нагрузки при явной экономии стоимости и веса. Резьбовые фиксаторы **Loctite** являются самым эффективным средством в поддержании постоянного усилия сжатия и предотвращения самоотвинчивания соединения.

### 3.4 Предварительное нанесение покрытия на крепеж

При нежелательном или невозможном использовании жидких резьбовых фиксаторов в массовом производстве (например, дозирующие устройства не могут быть применены), как альтернативный вариант, можно использовать крепеж с предварительно нанесенным резьбовым фиксатором.

Корпорация **Loctite** предлагает стопорящие и/или герметизирующие продукты для предварительного нанесения. Они великолепно вписываются в высокопроизводительные поточные сборочные линии, не требуют введения дополнительных операций и могут применяться с крепежными средствами, имеющими наружную или внутреннюю резьбу. Это дает значительное снижение стоимости производства и экономию времени.

Такие продукты называются капсулированные резьбовые фиксаторы **Loctite**. При сборке микрокапсулы раздавливаются и из них выливается активатор, посредством которого происходит анаэробная реакция полимеризации, подобно жидкому анаэробному продукту, с теми же прочностными, антивибрационными и химостойкими свойствами.

Применение капсулированных анаэробных продуктов **Loctite** для покрытия любых резьбовых элементов обеспечивает гарантию качества. Количество продукта, распределенного по поверхности резьбы в виде покрытия, неизменно, благодаря постоянному контролю качества на предприятиях, специализирующихся по нанесению таких покрытий. Стандартное сборочное оборудование, как правило, может быть использовано при сборке без каких-либо изменений в конструкции.



Рис. 33:  
Практически все типы крепежа пригодны для фиксации резьбы посредством предварительного покрытия.

Все продукты **Loctite**, предназначенные для предварительного нанесения, имеют водную основу без включения растворителей, поэтому они неогнеопасны и нетоксичны. Для простоты распознавания они окрашены в яркие цвета. Имеют длительный срок хранения в нанесенном на резьбу состоянии. При демонтаже резьбовых соединений с капсулированным резьбовым фиксатором для последующей сборки могут применяться жидкие анаэробные фиксаторы.

Более подробную информацию могут предоставить местные представительства Корпорации **Loctite** .

## 3 ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ

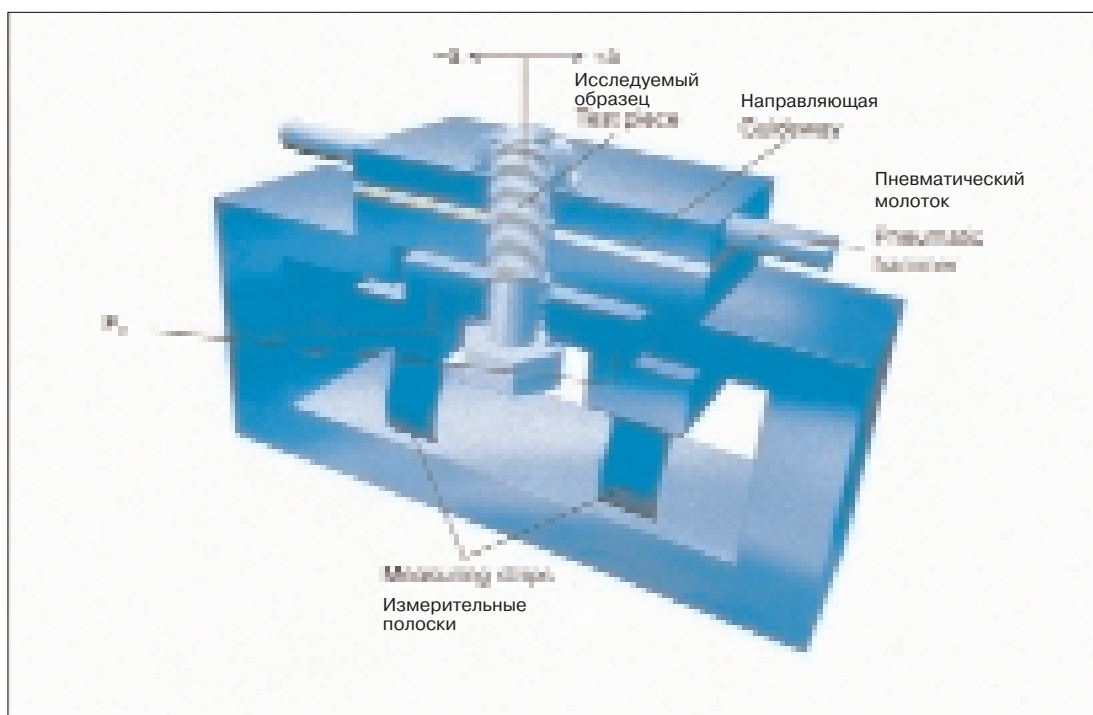
### 3.5 Сравнение методов фиксации резьбовых соединений.

Наилучшим способом оценки надежности зафиксированного соединения является проведение испытания циклическими нагрузками на испытательной установке. Чем ниже потери в напряжении болта, тем надежнее соединение.

#### 3.5.1 Проведение сравнительных испытаний на сохранение усилия сжатия при использовании различных методов фиксации

Для построения кривых сохранения усилия сжатия для различных методов фиксации использован испытательный стенд, подобный установке на рис. 34. Зафиксированный болт подвергнется

Рис. 34:  
Испытательный стенд **Loctite** для сравнительных испытаний разных резьбовых соединений (испытания на ударную нагрузку и вибрацию по Юнкеру). Пневматические молотки создают относительное перемещение нагруженных деталей со смещением  $\pm a$ . В то же самое время существующая предварительная FV-нагрузка непрерывно измеряется в циклах нагрузки. Нагрузочные кривые для разных фиксирующих схем можно сравнить.





вертикальному давлению на установке с возможностью смещения точки приложения усилия с помощью кулачка.

Как видно из рис.35, среди всех типов фиксации резьбы, подвергнутых испытаниям, жидкий анаэробный фиксатор **Loctite** показал самые лучшие характеристики сохранения усилия сжатия. Большинство механических методов не выдержали этого испытания. Это не означает, что, до известной степени, эти методы неприемлимы. Однако, сравнивая их эксплуатационные характеристики со стоимостью, применение таких методов с трудом поддается оправданию. Что касается продуктов **Loctite**, то они не требуют никаких дополнительных усилий и расходов, по сравнению с механическими стопорящими элементами, потому что один продукт может применяться для любых типов и размеров резьб. Таким образом, большинство проблем, связанных со стопорением резьбы, решается экономическим путем.

Подобные результаты испытаний показал рифленый фланцевый болт с уплотненной поверхностью. Его недостатки: высокая стоимость, относительно большой размер площади, необходимой для опорной поверхности фланца, и неизбежное повреждение поверхностей фиксируемых деталей вокруг опорной поверхности болта. Пилообразные зубчики фланца болта врезаются в опорную поверхность скрепляемой детали. Опорные поверхности повреждаются в момент ослабления, ограничивая этим их дальнейшее использование. Детали с закаленными поверхностями не могут быть надежно соединены.

### 3.6 Фиксация резьбы и производство

#### 3.6.1 Разборка и повторное использование резьбовых фиксаторов

Возможность повторного использования болта очень важна при обслуживании и ремонтных работах. Соединение с фиксатором резьбы низкой и средней прочности можно разобрать с помощью обычного инструмента без повреждения резьбы.

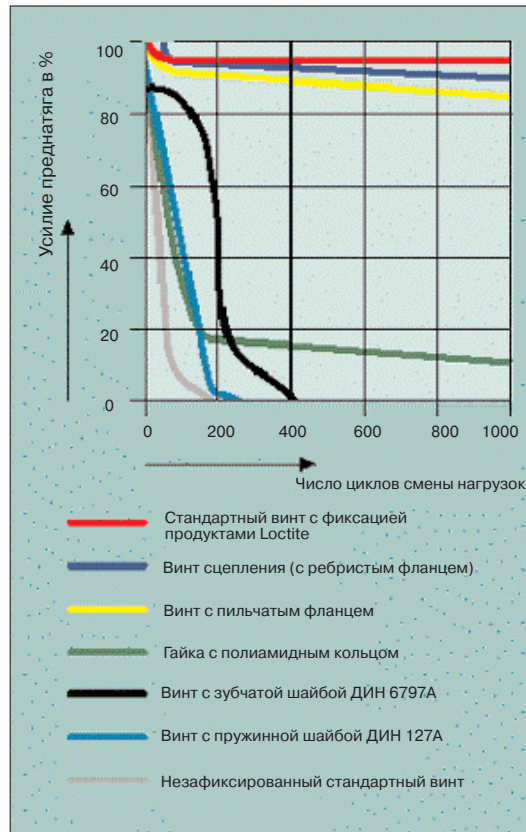


Рис. 35: Кривые самоотвинчивания различных типов фиксации резьбовых соединений, тесты проведены на испытательном стенде **Loctite**

#### 3.6.2 Усилие отворачивания

В сравнительном испытании усилие отворачивания может использоваться как показатель полноты заполнения резьбовых зазоров, адгезии и степени полимеризации. В основном, между усилием отворачивания и сопротивляемостью самоотвинчиванию прямой зависимости не существует. На практике часто возникает необходимость в разборке резьбовых соединений при помощи обычных инструментов.

## 3 ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ

Для удовлетворения этих потребностей Корпорация **Loctite** разработала продукты со слабой и сильной степенью фиксации. Для различия продуктов имеются определения: «разборка может осуществляться при помощи обычных инструментов» и «разборка затруднена». Благодаря заполнению продуктом резьбового зазора, резьбовые элементы не заедают из-за коррозии. Они могут также использоваться повторно после удаления старого и нанесения нового резьбового фиксатора.

Усилие отворачивания зависит от:

- длины резьбы
- материалов сопрягаемых резьбовых элементов
- обработки поверхности
- усилия преднатяга
- диаметра болта

Примечание: Болты не должны использоваться повторно, если они были напряжены до предела упругости. При повторном их использовании существует риск поломки при достижении такого же значения напряжения.

Основное преимущество фиксаторов **Loctite** заключается в том, что они эффективны для применения на болтах любого размера и диаметра. Эти продукты можно использовать для всех стандартных и специальных болтов, тем самым избегая создания больших запасов различных стопорящих элементов. Исключается необходимость в поиске или заказе специальных болтов или других стопорящих средств.

### 3.6.3 Фиксаторы стопорят и герметизируют

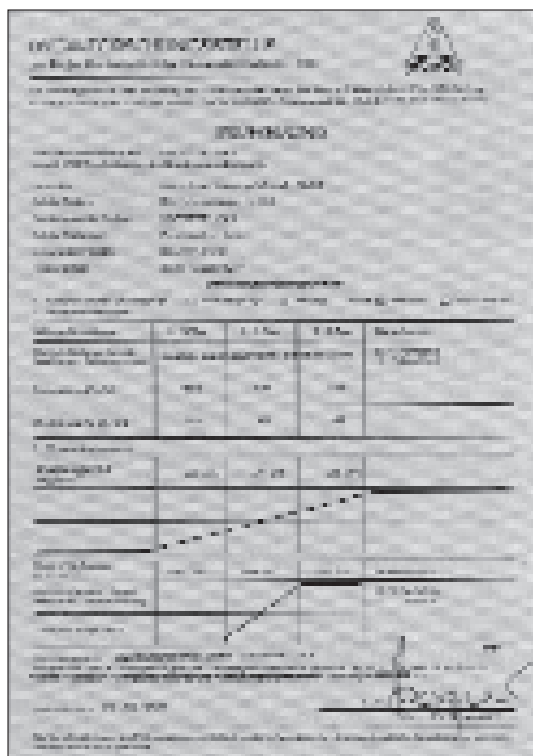
Резьбовые фиксаторы обеспечивают не только эксплуатационную надежность. Отвердевший продукт, заполнивший зазоры в резьбе, не только предотвращает относительное перемещение, а также герметизирует соединение. Превосходная химическая стойкость фиксаторов **Loctite** дает возможность их использования в большинстве агрессивных сред, газов и жидкостей, используемых в промышленности. Они также предохраняют соединение от проникновения снаружи влаги и коррозионно-агрессивных веществ, которые сокращают срок его службы. Это преимущество позволяет выполнять вместо глухих сквозные отверстия, что значительно упрощает и удешевляет процесс производства.

### 3.6.4 Применение резьбовых фиксаторов в пищевой промышленности\*

Значительное количество резьбовых фиксаторов применяется в пищевой отрасли промышленности. Местные законодательные органы разработали строгие требования по охране здоровья потребителей. При этом к применению допускаются только синтетические продукты, прошедшие испытания и отвечающие этим требованиям. Для получения дополнительной информации по применению продукции **Loctite** свяжитесь с Вашим местным представительством Корпорации.

\*Правила местных властей по охране здоровья потребителей различны. Все пользователи должны их знать и неукоснительно соблюдать.





стоимости, т.к. стоимость материала имеет большее значение, чем стоимость сборки. При сравнении расходов не принимались во внимание стоимость обезжиривания и очистки, которые необходимы при использовании жидких фиксаторов, поскольку эти операции осуществляются с большим количеством деталей, затраты на обработку одного болта весьма не существенны. Стоимость сборки может измениться в зависимости от способа нанесения продукта: вручную или с помощью дозатора.

Рис. 36: Сертификат продукта **Loctite 243** по использованию в пищевой промышленности в Германии.

Результаты свидетельствуют, что использование продукта **Loctite** для стопорения резьбы является более дешевым способом. Если принять во внимание дополнительное получение герметичности и возможности использования сквозных отверстий вместо глухих, то экономическая эффективность налицо.

Кроме того, высококачественная резьбостопорящая система **Loctite** может быть использована уже на стадии разработки, что уменьшает стоимость и обеспечивает гарантированную фиксацию против ослабления.

### 3.6.5 Экономическая эффективность

Применение продуктов **Loctite** для фиксации резьбы снижает производственные затраты, т.к. отпадает необходимость в использовании дорогих специальных стопорящих болтов или гаек, которые могут быть заменены на обычные, менее дорогостоящие. На рис. 37 показаны производственные затраты для двух способов стопорения резьбы: с использованием "рифленого фланцевого болта" и при помощи "клея". Расходы на обычный болт, зафиксированный с помощью продукта **Loctite**, приняты за 100%. Таблица показывает относительные увеличения или уменьшения в стоимости рифленого фланцевого болта с поверхностным уплотнением. Болт, зафиксированный фиксатором **Loctite**, имеет очевидное преимущество в

Метод	Материал Стоимость	Сборка Стоимость	Итого Стоимость
Винт с ребристым фланцем	130%	65%	118%
Клей <b>Loctite</b> (стандарт- ный винт)	100%	100%	100%

Рис. 37: Сравнение стоимости методов фиксации резьбы с «ребристым фланцем» и с «резьбовым фиксатором» **Loctite**. См. примечание в тексте. (Данные на основании немецких цен).

## 3 ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ

### 3.6.6 Нанесение фиксатора

Для достижения фиксации резьбы достаточно нанести продукт **Loctite** на одну из поверхностей. Если нанесение производить по капле, то количество фиксатора должно быть достаточное для равномерного распределения по всей длине резьбового контакта. Продукт можно наносить как на наружную, так и на внутреннюю резьбу. При этом важно одно - полное заполнение резьбового зазора.

Фиксаторы резьбы поставляются во флаконах емкостью 10 мл, 50 мл и 250 мл, которые снабжены специальными насадками для нанесения непосредственно из флакона, что позволяет в каждом конкретном случае наносить требуемое количество продукта.

Имеющиеся автоматические и полуавтоматические системы позволяют точно дозировать количество наносимого фиксатора. Это оборудование специально разработано с учетом специфических свойств каждого продукта для обеспечения бесперебойной и строго дозированной его подачи. При невозможности использования имеющихся стандартных дозаторов Корпорация **Loctite** разрабатывает и производит специальное оборудование по запросам своих клиентов. Ручные или автоматические дозирующие системы могут использоваться в зависимости от желаемой степени автоматизации. Методы, при которых продукт из дозирующего клапана вручную наносится на поверхность детали, описаны как ручные способы нанесения.

Автоматические системы могут быть подразделены на «полуавтоматические» и «автоматические». В полуавтоматических системах клапан нанесения или деталь автоматически перемещается к позиции нанесения продукта, а подача продукта осуществляется вручную. Это гарантирует точную повторяемость места нанесения и дозируемого количества фиксатора. В полностью автоматических системах детали устанавливаются в необходимое положение подающими устройствами (вращающиеся столы и т.д.), а подача продукта через клапан осуществляется автоматически.

Эффективность систем нанесения зависит от их интеграции в технологический процесс. В каждом отдельном случае определяется, какой из способов дозирования наиболее приемлем - ручной или автоматический. Индивидуальные химические и физические свойства резьбовых фиксаторов также влияют на выбор метода их нанесения. Следующие таблицы показывают, какие системы наиболее применимы при использовании каждого продукта. Отдельные компоненты систем описываются в главе «Оборудование для нанесения продуктов» (см. главу 13)

### 3.7 Выбор резьбовых фиксаторов

Для ориентировочного выбора нужного материала в ниже следующие таблицы были включены только основные характеристики продуктов. Однако, таблицы дают только рекомендации, поэтому до принятия окончательного решения необходимо изучить Технические характеристики продуктов и провести предварительные испытания в производственных условиях.

Для использования таблицы по анаэробным резьбовым фиксаторам необходима следующая информация:

- **Температура** - постоянная рабочая температура должна быть известна
- **Размер резьбы** - необходим для определения вязкости (грубая или точная резьба и зазор)
- **Факторы защиты окружающей среды** – должны быть рассмотрены химические и экологические факторы
- **Прочность** - должна быть выбрана степень прочности: в зависимости от условий работы и частоты разборки соединения - либо «разборка может осуществляться обычными инструментами», либо «разборка затруднена».
- **Материал** - должен быть известен, чтобы определить, нужен ли активатор для отверждения. Материал влияет на скорость полимеризации



Рис. 38:  
5/16" стальные шпильки с грубой резьбой закручены в алюминиевую головку блока цилиндров с использованием продукта Loctite 270.  
Нанесение высокопрочного фиксатора резьбы на обе поверхности - жестко закрепляет шпильки даже в случае ослабления гаек корпуса распределительного вала.

## 3 ФИКСАЦИЯ РЕЗЬБЫ

### ФИКСАТОРЫ РЕЗЬБЫ—

Предотвращают ослабление крепежа и коррозию резьбы.

Способ применения	Жидкость					
Температуростойкость	150° С					
Размер резьбы	До М12	До М36			До М20	До М36
Прочность	Средняя/ Высокая	Низкая	Средняя	Средняя/ Высокая	Высокая	Высокая
Продукт	290	222	243	262	270, 2701	277
<b>Системы нанесения(см.гл. 13)</b>						
Ручная насадка	Кат.номер 97001					
Ручной дозатор	Кат.номер 97003	Кат.номер 97004			Кат. ном. 97003	Кат. ном. 97004
Полуавтомат. контроллер	Кат.номер 97102					
Автоматический контроллер	Кат.номер 97103/97123					

Описание систем нанесения (см. гл. 13 Оборудование для нанесения продуктов).

Ручная насадка – Переносная емкость с насадкой; количество и скорость контролируются оператором

Ручной дозатор – Стационарный контейнер; количество предварительно устанавливается; скорость контролируется оператором

Полуавтомат. контроллер – Количество и скорость предварительно устанавливаются; начало цикла контролируется оператором

Автоматический контроллер – Стационарный контейнер; все параметры предварительно устанавливаются; используется в автоматах/роботизированных линиях

Продукты, представленные в предыдущих изданиях этой книги и которые не представлены в этой редакции, также могут поставляться.

Дополнительную информацию можно получить в местном представительстве **Loctite**.

**ФИКСАТОРЫ РЕЗЬБЫ—**

Предотвращают ослабление крепежа и коррозию резьбы.

<b>Метод нанесения</b>	Жидкость	Предв. нанесение		
<b>Температурная стойкость</b>	200 °С	150 °С	200 °С	150 °С
<b>Размер резьбы</b>	До М 36			
<b>Прочность</b>	Высокая		Средн./Высок.	Низкая
<b>Продукт</b>	<b>272</b>	<b>2050</b>	<b>2015</b>	<b>202</b>
<b>Системы нанесения (см. гл. 13)</b>				
<b>Ручная насадка</b>	-	Дополнительную информацию можно получить в местном отделении Loctite		
<b>Ручной дозатор</b>	Кат.ном. 97004			
<b>Полуавтомат. контроллер</b>	Кат.ном. 97102			
<b>Автоматический контроллер</b>	Кат.ном. 97103/97123			

Описание систем нанесения (см. гл. 13 Оборудование для нанесения продуктов).

Ручная насадка – Переносная емкость с насадкой; количество и скорость контролируются оператором

Ручной дозатор – Стационарный контейнер; количество предварительно устанавливается; скорость контролируется оператором

Полуавтомат. контроллер – Количество и скорость предварительно устанавливаются; начало цикла контролируется оператором

Автоматический контроллер – Стационарный контейнер; все параметры предварительно устанавливаются; используется в станках автоматах/роботизированных линиях

Продукты, представленные в предыдущих изданиях этой книги и которые не представлены в этой редакции, также могут поставляться.

Дополнительную информацию можно получить в местном представительстве **Loctite**.