



# LOCTITE 402

**Моментальный клей со сверхвысокими характеристиками**

Эйн Муни (Áine Mooney)  
Мартин Смит (Martin Smyth)  
Тэмми Гернон (Tammy Gernon)  
Майкл Джордан (Michael Jordan)  
Оливер Дросте (Oliver Droste)  
Кристин Маротта (Christine Marotta)



Промышленные инженеры-конструкторы и инженеры-технологи постоянно ищут инновационные решения для создания новых и усовершенствованных проектов, а также улучшения производственных процессов в целом. В разных отраслях наблюдается тенденция к использованию устройств меньшего размера и с большей производительностью. Для устройств меньших размеров требуются инновационные материалы и процессы сборки в сочетании с повышенной точностью: необходимо уместить больше функций в меньшем пространстве, при этом сохранив или даже повысив характеристики готового изделия.

Такие конструкции устройств могут вызывать определенные трудности с точки зрения сборки, а также новых требований к характеристиками, например к тепловыделению.

Сегодня инженерам доступно множество решений для сборки, начиная от механических методов, например болтами, до клейких лент, сварки (ультразвуковой или сольвентной) и клеев. У каждого метода сборки есть свои преимущества и недостатки. В таблице 1 приведен обзор различных методов сборки с указанием их ключевых преимуществ и недостатков.

**ТАБЛИЦА 1**  
**Преимущества и недостатки различных методов сборки**

МЕТОД СБОРКИ	ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА	ОСНОВНЫЕ ТРУДНОСТИ
Механический метод крепления	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Прочность</li> <li>• Низкие затраты</li> <li>• Без полимеризации</li> <li>• Соединение разнородных материалов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Складской учет деталей</li> <li>• Сложность автоматизации</li> <li>• Без герметизации</li> <li>• Напряжение сконцентрировано вокруг крепежных элементов</li> <li>• Ослабление со временем</li> </ul>
Ультразвуковая сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Легкость автоматизации</li> <li>• Простота процесса</li> <li>• Высокая прочность соединения</li> <li>• Скорость</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Капитальные вложения</li> <li>• Техническое обслуживание системы</li> <li>• Разнородные материалы</li> <li>• Трудносклеиваемые материалы</li> <li>• Заполнение зазоров</li> </ul>
Лента	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стоимость</li> <li>• Мгновенная фиксация</li> <li>• Соединение разнородных материалов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сложность автоматизации</li> <li>• Высокая точность</li> <li>• Трудносклеиваемые вещества</li> </ul>
Клеи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Соединение разнородных материалов</li> <li>• Равномерное распределение напряжений</li> <li>• Заполнение больших зазоров</li> <li>• Герметизация</li> <li>• Легкость автоматизации</li> <li>• Соединение трудносклеиваемых материалов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Необходимость в дозировке и нанесении</li> <li>• Необходимость в полимеризации (возможно необходимо оборудование)</li> <li>• Подбор составов с устойчивостью к низким температурам</li> </ul>

В категории клеевой сборки есть несколько вариантов, включая эпоксидные смолы, клеи-расплавы, светоотверждаемые, двухступенчатые акрилы и цианоакрилаты (или моментальные клеи). Цианоакрилатные клеи обладают многими преимуществами перед другими методами сборки, включая, помимо прочего:

- Быстрая фиксация
- Полимеризация при комнатной температуре
- Однокомпонентный
- Высокая прочность склеивания с широким диапазоном пластамасс, металлов и эластомеров
- Высокая прочность склеивания с трудносклеиваемыми материалами (например, полиэтиленом и полипропиленом)
- Легкое и точное дозирование

С моментальными клеями связано несколько проблем, обусловленных в основном их термопластичностью: стандартная максимальная рабочая температура 82 °С; продукты с высокой вязкостью заполняют зазоры максимум 2,5 мм; свойственная им хрупкость и недолговечность во влажной среде.

С момента своего появления более 50 лет назад, цианоакрилаты претерпели значительные изменения по составу - появились новые упрочненные и эластичные варианты, высокотемпературные (до 121 °С) продукты и даже версии со слабым запахом. Последняя инновация сочетает в себе оптимальные характеристики лучших моментальных клеев в одном новом решении.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О LOCTITE 402

LOCTITE 402 — это новейший инновационный продукт Henkel, в котором используется запатентованная технология, расширяющая границы характеристик по сравнению со стандартными этилцианоакрилатами. Это моментальный клей со сверхвысокими характеристиками, сочетающий в себе быстроту фиксации и высокую прочность с лучшими в своем классе характеристиками при высоких температурах и улучшенной долговечностью в условиях окружающей среды.

### Быстрая фиксация и высокая прочность

LOCTITE 402 демонстрирует высокую скорость фиксации на широком диапазоне материалов: металлах, пластмассах, резине, а также пористых материалах, такие как бумага и дерево, по сравнению с обычным универсальным клеем, как показано в Таблице 2.

LOCTITE 402 создает высокопрочное клеевое соединение самых разных металлов и пластмасс (см. рис. 1). По сравнению с обычным универсальным клеем он отлично соединяет такие металлы, как алюминий и нержавеющая сталь. Испытания также показали, что LOCTITE 402 обеспечивает высокую прочность склеивания внахлестку при сдвиге со всеми пластмассами.

### ТАБЛИЦА 2

Время фиксации LOCTITE 402 и обычного универсального клея на разных материалах.

МАТЕРИАЛ	LOCTITE 402	ОБЫЧНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КЛЕЙ
Углеродистая сталь	< 5 сек.	< 5 сек.
Алюминий	< 5 сек.	< 5 сек.
Нержавеющая сталь	30–45 сек.	20–30 сек.
Поликарбонат	< 5 сек.	< 5 сек.
АБС	< 5 сек.	< 5 сек.
ПВХ	10–20 сек.	5–10 сек.
Бумага	5–20 сек.	< 5 сек.
Дерево (дуб)	30–45 сек.	30–45 сек.
Кожа	30–45 сек.	10–20 сек.
Резина EPDM	< 5 сек.	< 5 сек.





**Рисунок 1**

Прочность при сдвиге клеевого соединения внахлестку с помощью LOCTITE 402 и стандартного универсального клея на разных металлах и пластмассах после семидневной полимеризации при комнатной температуре.

### Лучшая в своем классе термостойкость

Безопасный рабочий температурный предел для цианоакрилатных клеев обычно составляет 82 °С. До настоящего времени низкая термостойкость была ограничивающим фактором при использовании моментальных клеев на основе этила в тех случаях, когда клеевое соединение подвергается воздействию высоких температур в течение продолжительных периодов времени. Такая низкая термостойкость обусловлена сочетанием причин, в частности размягчением отвержденного полимера при температурах, близких к их температуре стеклования (Tg) и ухудшению механических свойств, таких как прочность на разрыв при растяжении, из-за деполимеризации линейного полимера. Полный обзор был опубликован в 2017 году.

Один из способов решить проблему низкой термостойкости — использовать цианоакрилатный мономер, способный формировать сшитую полимерную структуру, в частности аллил-2-цианоакрилат. При нагреве до температуры приблизительно 150 °С или выше происходит сшивание линейного полимера аллилцианоакрилата посредством радикальной полимеризации с образованием термостойкого полимера. Однако, если сшивки аллил полимера не произошло, тогда термостойкость моментального клея на основе аллила будет такая же низкая, как и у других цианоакрилатных полимеров. Поэтому, для придания такой термостойкости клеевым соединениям, склеенным аллил-2-цианоакрилатом, требуется дополнительная стадия обработки, включающая выдержку при повышенных температурах приблизительно 150 °С. Такая дополнительная стадия обработки может значительно увеличить время и затраты на производственный процесс сборки.

LOCTITE 402 содержит новую запатентованную технологию, разработанную компанией Henkel для устранения упомянутых ограничений, связанных с высокой температурой. LOCTITE 402 содержит смесь этил- и аллил-цианоакрилатных мономеров в сочетании с запатентованным комплексом добавок. Эта смесь мономеров этил- и аллил-цианоакрилата позволяет использовать LOCTITE 402 при высоких температурах, как и любой другой моментальный клей, не прибегая к дополнительным этапам обработки. Этилцианоакрилатный мономер поддерживает первоначальные тепловые характеристики LOCTITE 402 при повышенных температурах до тех пор, пока не произойдет реакция сшивания аллил мономера. Время, необходимое для протекания этой реакции сшивания, зависит от температуры воздействия.

Для обеспечения общей продолжительной теплостойкости важны три различных тепловых свойства:

(1) теплопрочность; (2) теплостойкость с течением времени при повышенных температурах; и (3) теплопрочность после длительных периодов воздействия высоких температур. В следующих разделах будут рассмотрены все эти свойства и показано, в каких случаях LOCTITE 402 превосходит другие моментальные клеи.

### Теплопрочность

Теплопрочность — это прочность клеевого соединения, измеренная при высоких температурах. Цианоакрилатные полимеры классифицируются как термопластичные материалы, что означает, что эти полимеры размягчаются при нагревании до температур, близких к их температуре стеклования (Tg). Значения Tg некоторых распространенных цианоакрилатных эфиров перечислены в таблице 3.

### ТАБЛИЦА 3

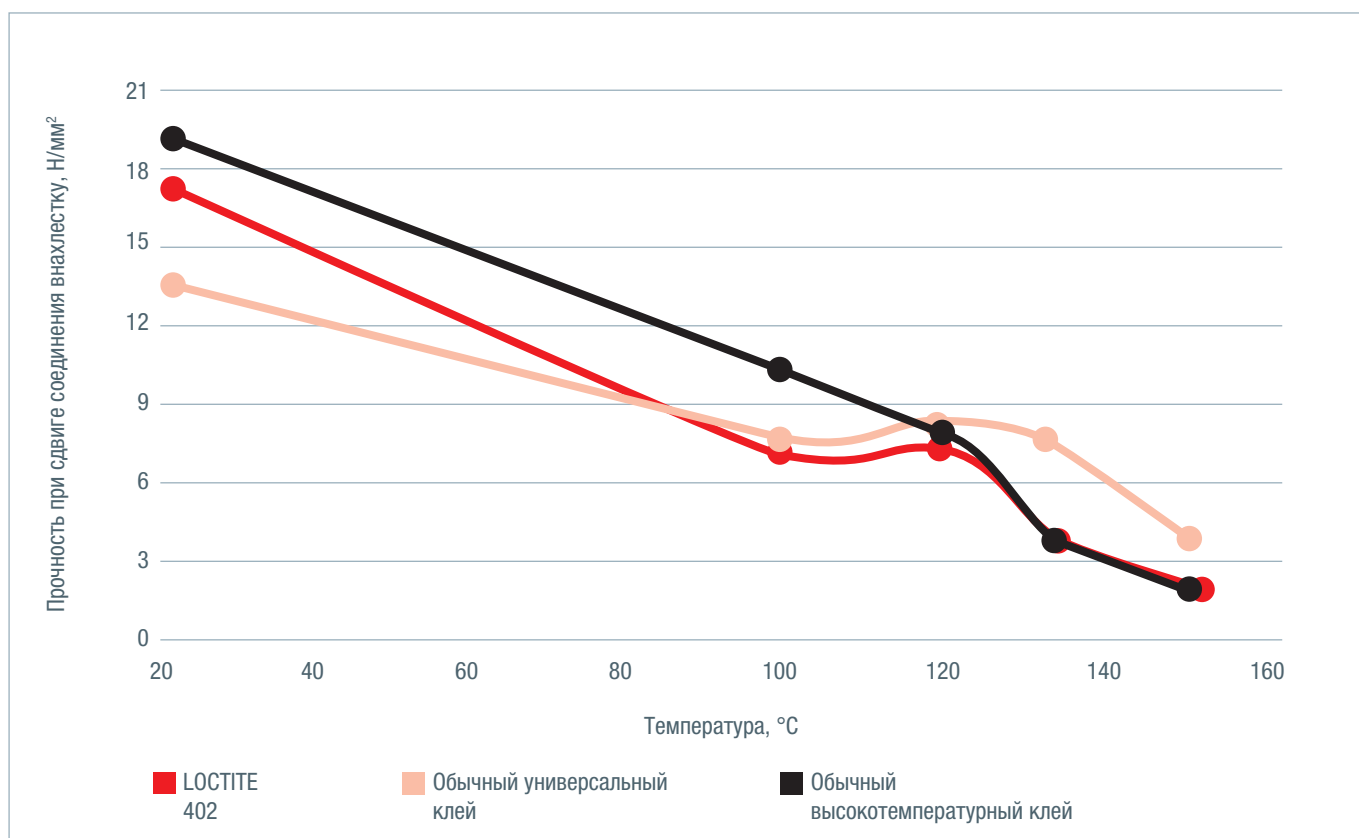
Значения температуры стеклования (Tg) распространенных цианоакрилатных эфиров.<sup>1</sup>

ЦИАНОАКРИЛАТНЫЙ ЭФИР	TG (°C)
Метил	165
Этил	140–150
Н-бутил	90
β-метоксизтил	85
Аллил	130

Этилцианоакрилатный полимер имеет заявленную Tg в диапазоне 140-150 °C, следовательно, полимер начнет размягчаться и течь при температурах, близких к диапазону Tg или превышающих его. Склеенные соединения внахлестку, хранящиеся при такой температуре, близкой к ней или превышающей ее, демонстрируют низкую прочность. При температурах выше Tg цианоакрилатный полимер начинает деполимеризоваться, что приводит к потере механических свойств, таких как прочность на разрыв при растяжении.

На рисунке 2 показана теплопрочность соединения в нахлестку из нержавеющей стали клеем LOCTITE 402 по сравнению со стандартным универсальным клеем и типичным высокотемпературным моментальным клеем, после отверждения в течение семи дней при комнатной температуре.

В каждом случае наблюдается снижение прочности клеевого соединения в нахлестку при сдвиге с повышением температуры окружающей среды. При температуре 135 °C прочность при сдвиге склеенных соединений внахлестку составляет приблизительно 3 Н/мм<sup>2</sup>.



**Рисунок 2**

Теплопрочность LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев после отверждения в течение семи дней соединения нержавеющей стали внахлестку.

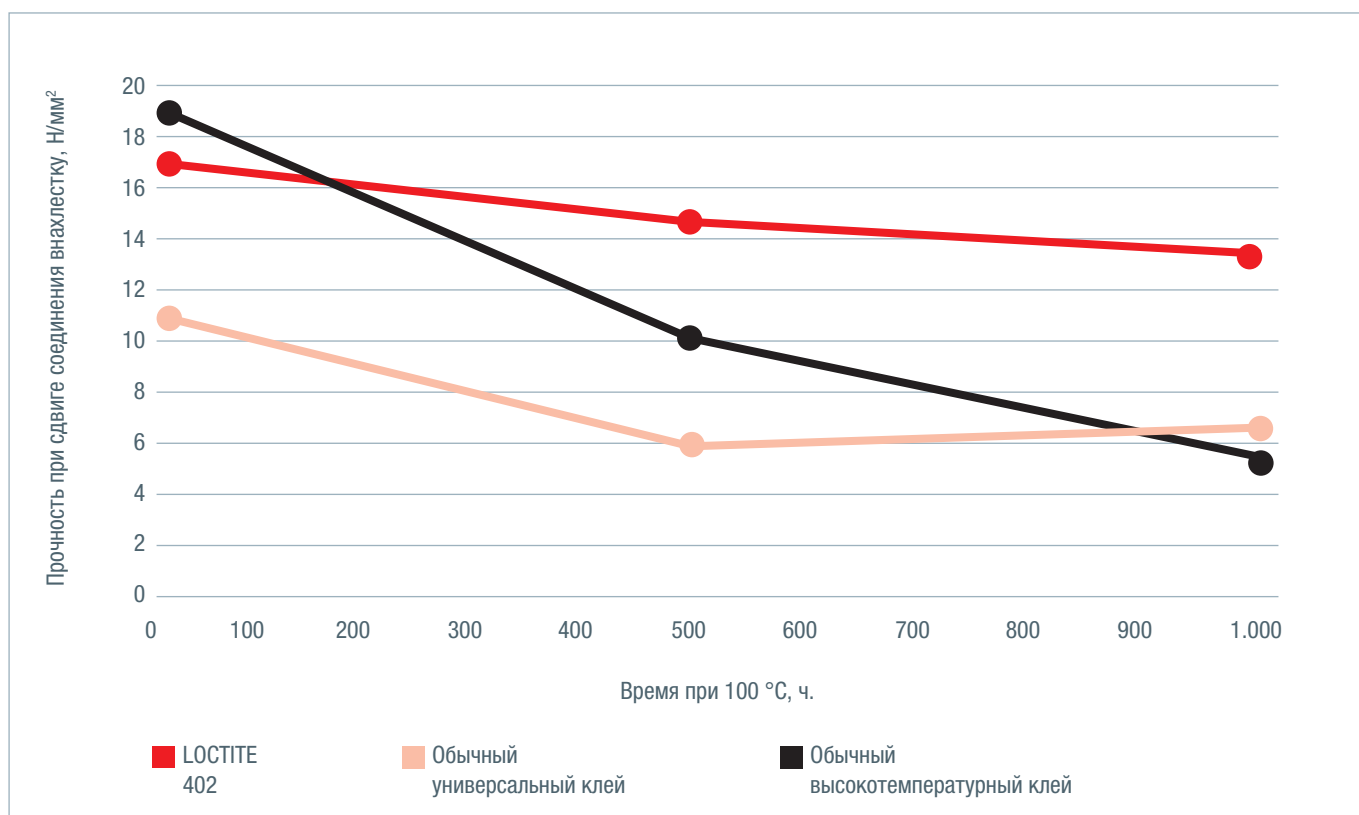
### Теплостойкость

Теплостойкость относится к способности отвержденного клея в клеевом соединении сохранять свою первоначальную прочность склеивания при комнатной температуре, когда клеевое соединение подвергается длительному старению при повышенных температурах, а затем возвращается и испытывается при комнатной температуре. Воздействие тепла ослабляет адгезию на границе между цианоакрилатным полимером и склеиваемой подложкой. Как правило, моментальные клеи демонстрируют быструю потерю прочности склеивания, когда склеенные соединения подвергаются старению при температурах намного ниже их  $T_g$ .

Теплостойкость LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев была определена после воздействия температур в диапазоне от 100 °C до 150 °C (см. рис. 3–6).

Во всех случаях использовались соединения нержавеющей стали внахлестку, и клеевые соединения отверждались в течение семи дней при комнатной температуре перед воздействием высокой температуры.

Через 1000 часов выдержки при температуре 100 °C LOCTITE 402 сохраняет 79% от своей начальной прочности (см. рис. 3). Обычный универсальный клей также демонстрирует высокую эффективность при такой температуре, сохраняя 59% от своей начальной прочности, в то время как обычный высокотемпературный клей сохраняет 29% прочности.



**Рисунок 3**

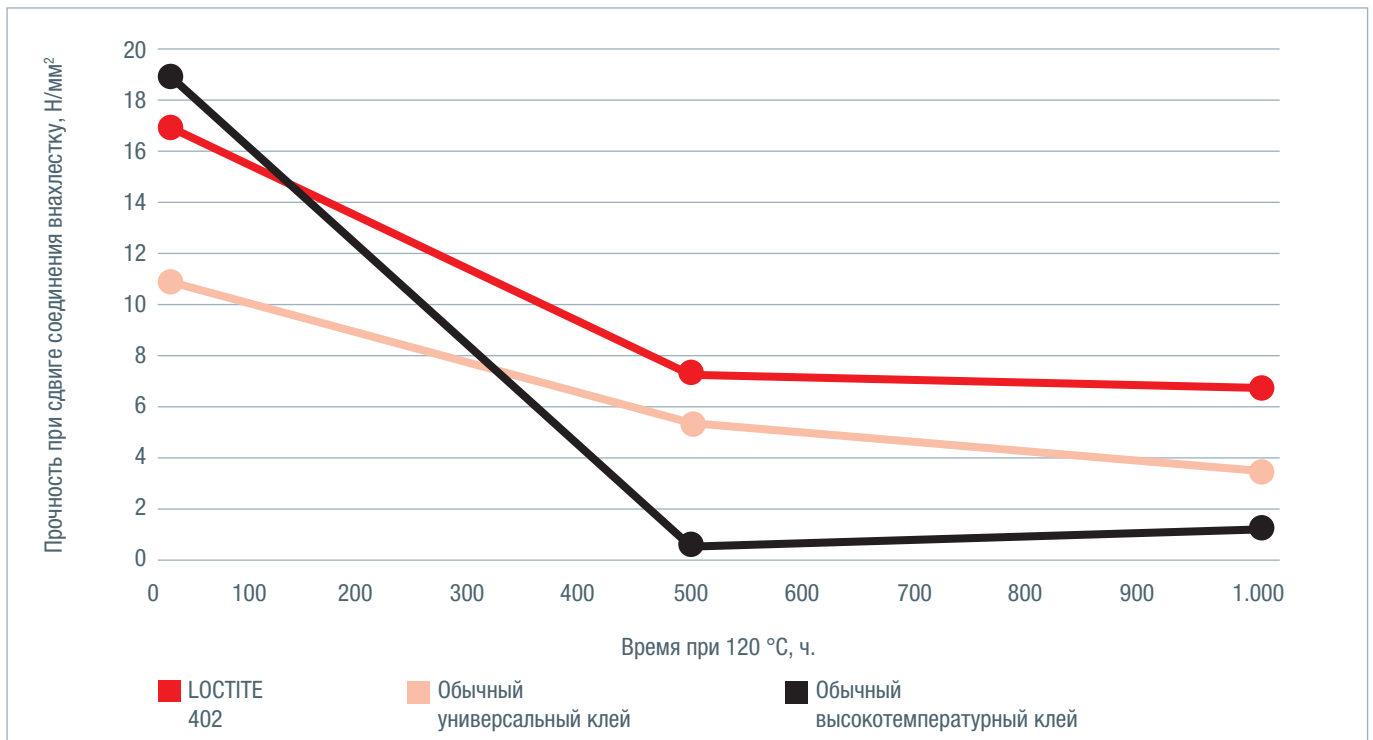
Теплостойкость LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев после 1000 часов при 100 °С на соединениях нержавеющей стали внахлестку.

На рис. 4 показана теплостойкость LOCTITE 402 после 1000 часов при температуре 120 °С по сравнению с обычными универсальным и высокотемпературным клеями. У обычного высокотемпературного клея наблюдается быстрая потеря прочности склеивания. Прочность при сдвиге соединения внахлестку сохраняется на уровне 3,9 Н/мм<sup>2</sup> обычным универсальным клеем после 1000 часов воздействия.

В отличие от этого, LOCTITE 402 сохраняет прочность при сдвиге соединения внахлестку на уровне 6,5 Н/мм<sup>2</sup> (или 38 % от начальной прочности) после 1000 часов воздействия.

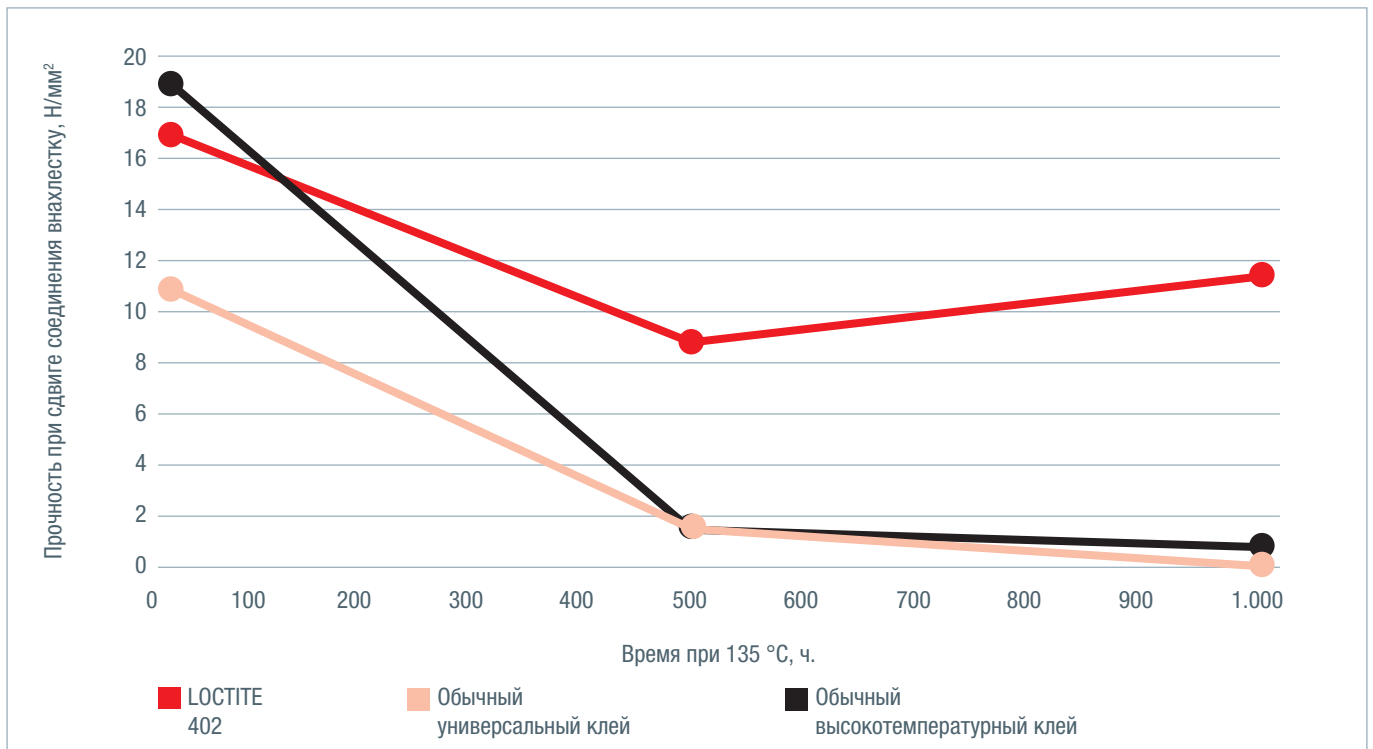
При дальнейшем повышении температуры до 135 °С теплостойкость LOCTITE 402 становится более очевидной (см. рис. 5). После 1000 часов воздействия при температуре 135 °С LOCTITE 402 сохраняет прочность при сдвиге соединения внахлестку в пределах 11,3 Н/мм<sup>2</sup> или 66 % от начальной прочности. Напротив, обычные универсальный и высокотемпературный клеи демонстрируют быстрое снижение прочности в течение 500 часов. После 1000 часов воздействия обычные универсальный и высокотемпературный клеи демонстрируют нулевую прочность, что указывает на то, что произошла деградация линейного полимера.

Теплостойкость LOCTITE 402 поддерживается при воздействии максимальной температуры 150°С (см. рис. 6). После 1000 часов воздействия LOCTITE 402 сохраняет 49 % от своей начальной прочности склеивания. В отличие от этого, характеристики обычного высокотемпературного клея значительно ухудшаются в течение первых 500 часов воздействия, сохраняя только 9% от своей начальной прочности склеивания. Более быстрая потеря прочности при сдвиге соединения внахлестку наблюдается у стандартного универсального клея, который имеет нулевую прочность после 500 часов воздействия при 150°С. Это свидетельствует о том, что деградация линейного полимера происходит быстрее при повышении температуры воздействия.



**Рисунок 4**

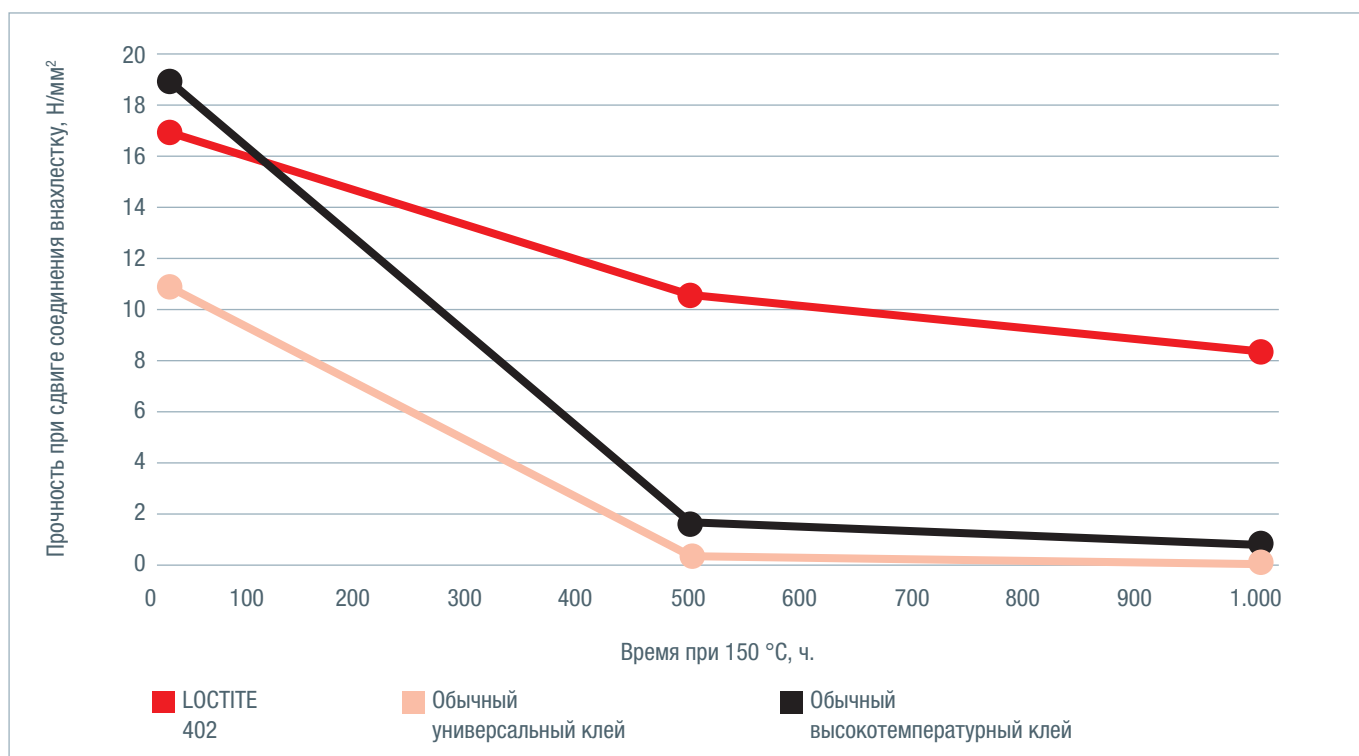
Теплостойкость LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев в течение 1000 часов воздействия при 120 °С на соединение нержавеющей стали внахлестку.



**Рисунок 5**

Теплостойкость LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев в течение 1000 часов воздействия при 135 °С на соединение нержавеющей стали внахлестку.





**Рисунок 6**

Теплостойкость LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев в течение 1000 часов при 150 °С на соединениях внахлестку из нержавеющей стали.

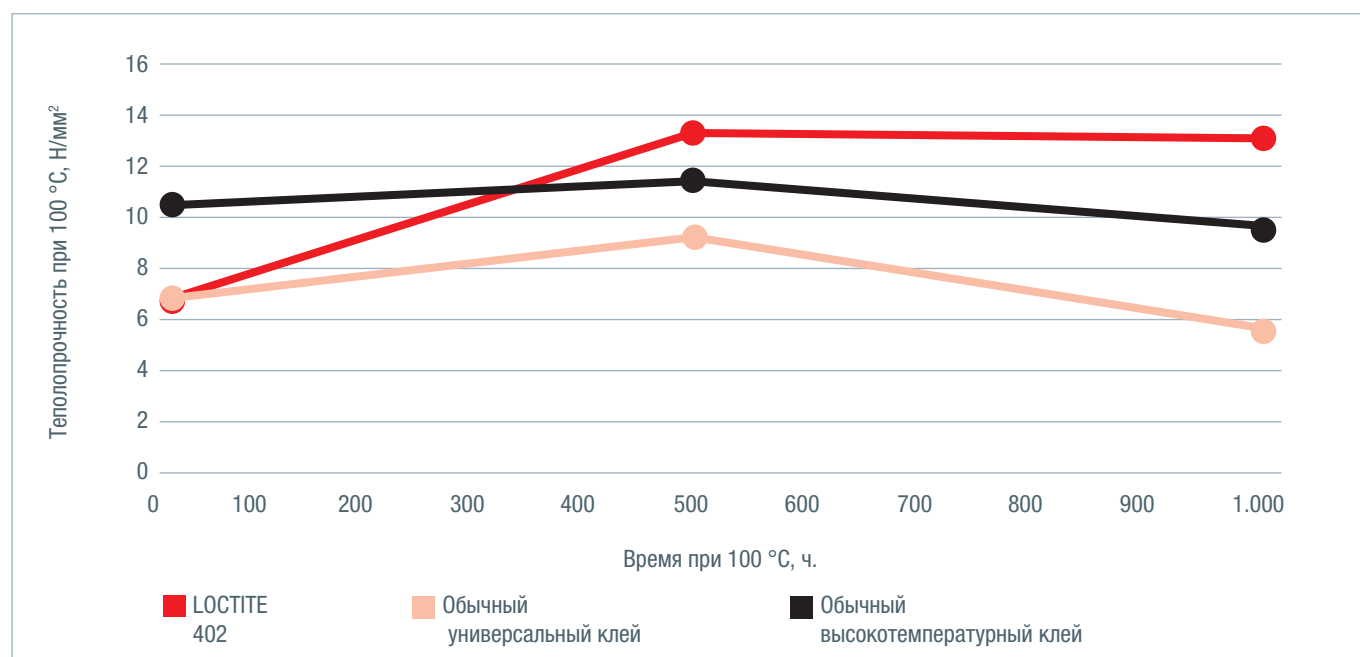
#### Теплопрочность после продолжительного воздействия повышенных температур

Отличительной особенностью LOCTITE 402 является его впечатляющая способность выдерживать повышенные температуры и сохранять свою теплопрочность в течение длительного времени. Таким образом, LOCTITE 402 — единственный моментальный клей, способный сохранять свои характеристики при повышенных температурах с течением времени.

Теплопрочность LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев после воздействия повышенных температур была определена следующим образом:

- Соединения внахлестку деталей из нержавеющей стали приклеивались с помощью LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев
- После семидневного отверждения при комнатной температуре склеенные соединения подвергались воздействию повышенных температур:
  - 100 °С
  - 120 °С
  - 135 °С
  - 150 °С
- После 500 и 1000 часов воздействия при каждой температуре была также измерена прочность при сдвиге соединения внахлестку при этой температуре.

На рисунке 7 показана теплостойкость LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев после длительного воздействия при этой температуре. У LOCTITE 402 теплопрочность увеличивается с первоначального значения 7,8 Н/мм<sup>2</sup> до 13,4 Н/мм<sup>2</sup> в течение первых 500 часов воздействия. Эта повышенная теплопрочность сохраняется в течение последующих 500 часов выдержки при этой температуре. Теплопрочность типичного высокотемпературного клея остается постоянной и составляет около 10 Н/мм<sup>2</sup> в течение 1000 часов воздействия. У обычного универсального клея теплопрочность немного снижается до 5,4 Н/мм<sup>2</sup> после 1000 часов воздействия.



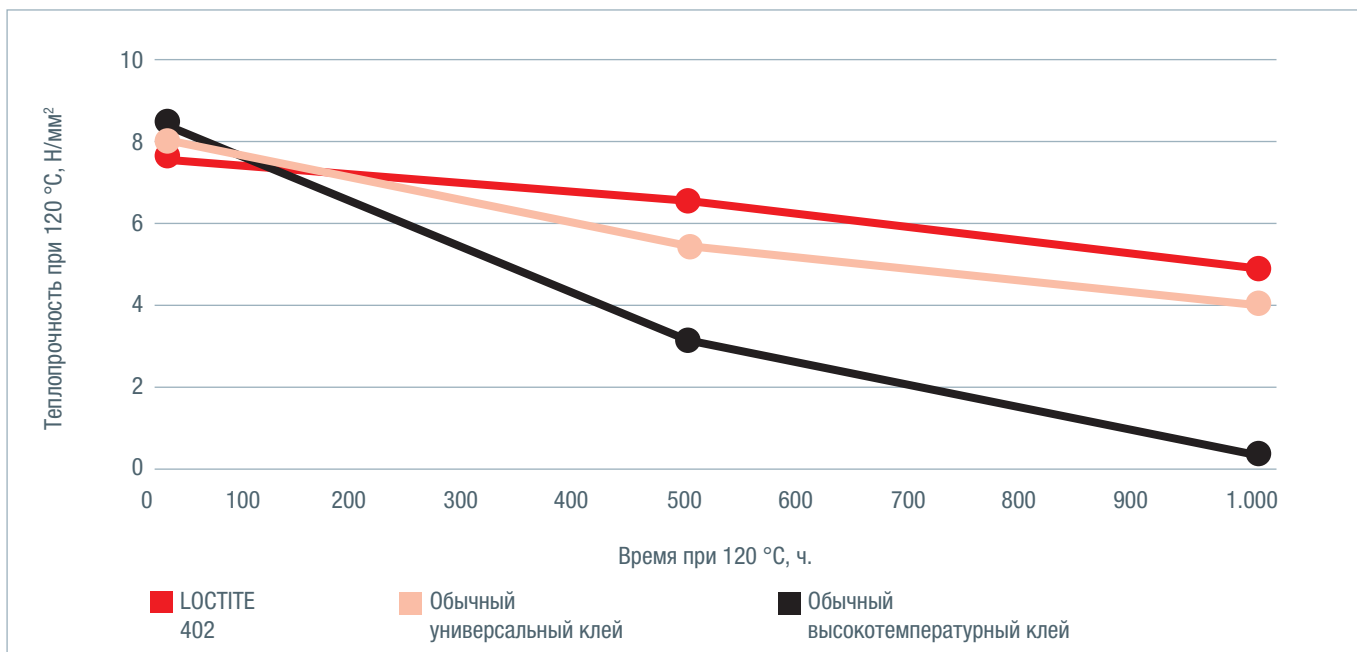
**Рисунок 7**

Теплопрочность при 100 °C у LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев на соединениях внахлестку из нержавеющей стали, после старения до 1000 часов при 100 °C.

У LOCTITE 402 при температуре 120 °C происходит небольшое снижение теплопрочности до 4,8 Н/мм<sup>2</sup> в течение 1000 часов воздействия (см. рис. 8). Аналогичное снижение теплопрочности наблюдается у обычного универсального клея в течение 1000 часов воздействия, с 8 Н/мм<sup>2</sup> до 3,9 Н/мм<sup>2</sup>.

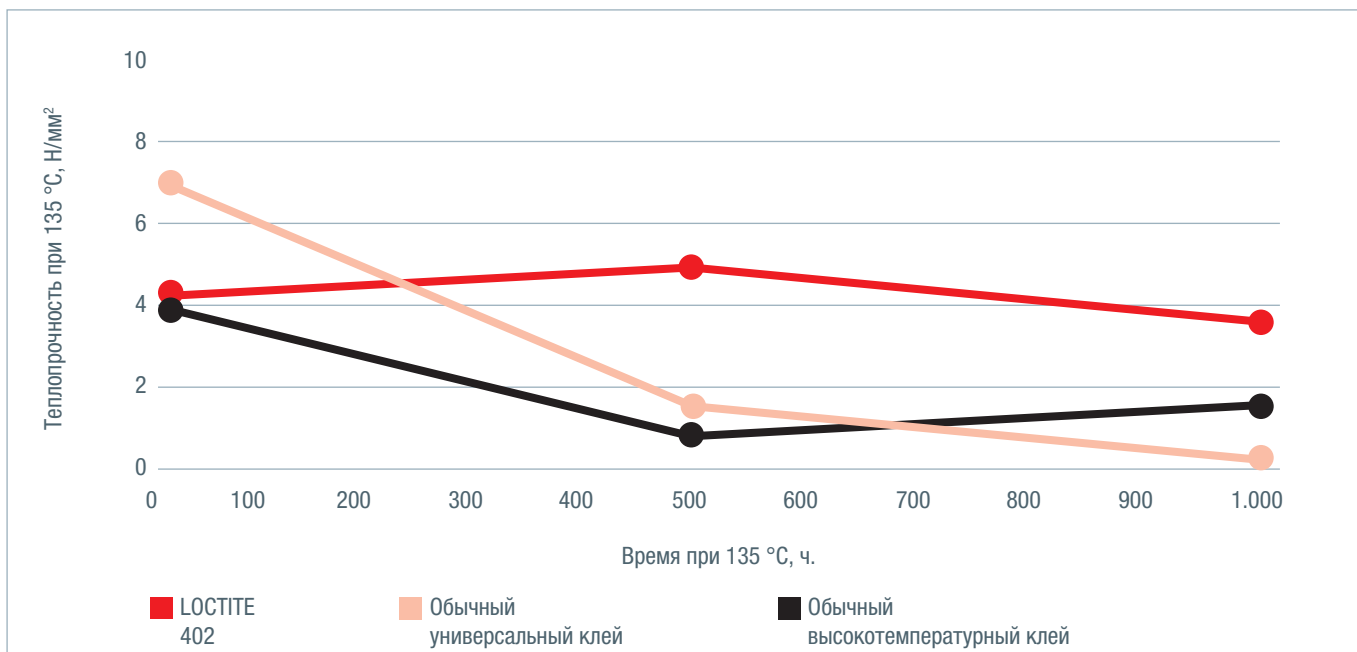
Это снижение теплопрочности с течением времени указывает на то, что происходит некоторое ухудшение механических свойств линейного полимера. С учетом сказанного, даже после 1000 часов выдержки при 120 °C оба продукта сохраняют достаточную теплопрочность, чтобы обеспечивать рабочие характеристики в применении. Напротив, теплопрочность обычного высокотемпературного клея падает до 0,7 Н/мм<sup>2</sup> после 1000 часов воздействия, что недостаточно для обеспечения рабочих характеристик в применении.

При дальнейшем повышении температуры воздействия разница между LOCTITE 402 и двумя другими клеями становится более очевидной (см. рис. 9). Теплопрочность обычного универсального клея при температуре 135 °C со временем снижается. После 500 часов выдержки при 135 °C теплопрочность упала до 1,7 Н/мм<sup>2</sup>, чего недостаточно для обеспечения рабочих характеристик в применениях. К 1000 часам остается нулевая прочность, что указывает на то, что произошла полная деградация линейного полимера. Теплопрочность обычного высокотемпературного клея снижается до 1,4 Н/мм<sup>2</sup> в течение 500 часов воздействия, но затем остается на этом уровне в течение следующих 500 часов. Опять же, теплопрочность этого клея с течением времени недостаточна для обеспечения рабочих характеристик в применениях. Напротив, после 1000 часов выдержки при температуре 135 °C теплопрочность LOCTITE 402 сохраняется на уровне 3,8 Н/мм<sup>2</sup>. Это устойчивое свойство на протяжении продолжительного времени обеспечивается благодаряшивке аллил полимера, которая обеспечивает отличные тепловые свойства.



**Рисунок 8**

Теплопрочность при 120 °С у LOCTITE 402 , обычных универсального и высокотемпературного клеев на соединениях внахлестку из нержавеющей стали после старения до 1000 часов при 120 °С.



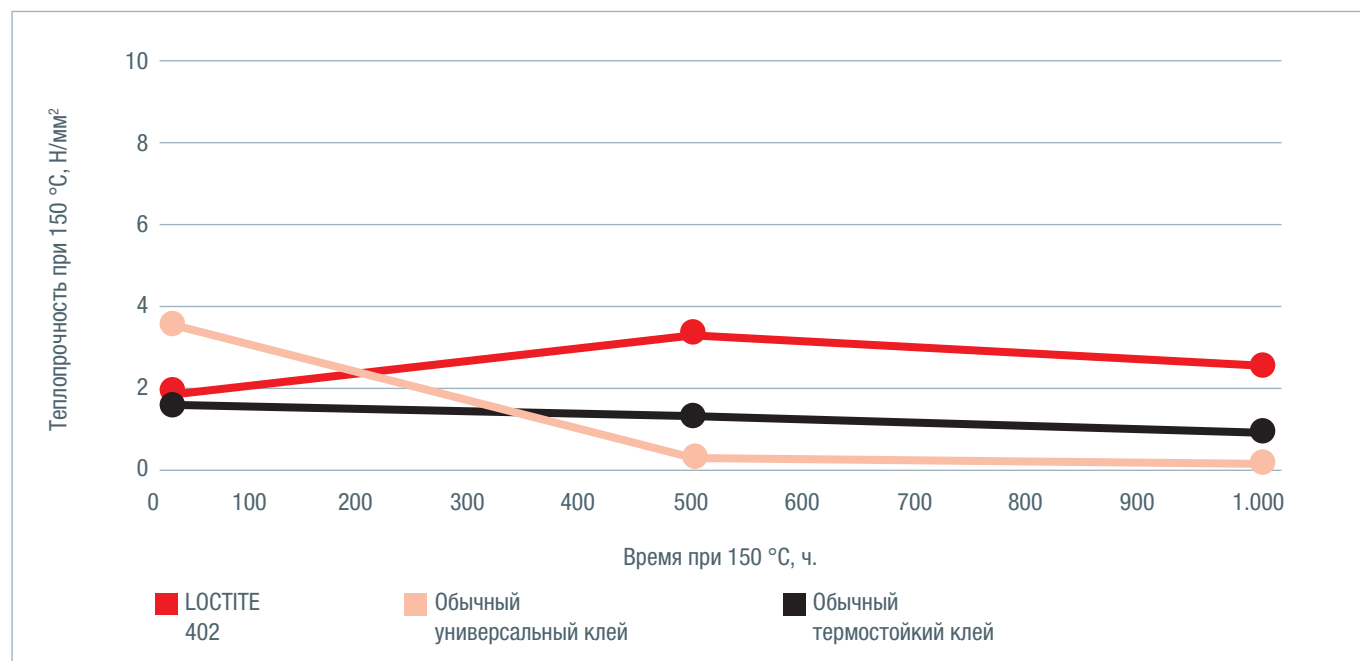
**Рисунок 9**

Теплопрочность при 135 °С у LOCTITE 402 , обычных универсального и высокотемпературного клеев на соединениях внахлестку из нержавеющей стали после старения до 1000 часов при 135 °С.

Повышение температуры воздействия до 150 °С ускоряет деградацию полимера у обычного универсального клея (см. рис. 10).

Через 500 часов линейный полимер почти полностью разложился.

Теплопрочность при 150 °С у обычного высокотемпературного клея первоначально составляет 1,7 Н/мм<sup>2</sup> и 0,9 Н/мм<sup>2</sup> после 1000 часов воздействия. Интересно, что теплопрочность у LOCTITE 402 увеличивается в течение первых 500 часов воздействия при 150 °С до 3,1 Н/мм<sup>2</sup>. Эта повышенная теплопрочность указывает на то, что произошло сшивание аллил-полимера, придающее склеенным соединениям внахлестку превосходные тепловые свойства. В течение последующих 500 часов воздействия при 150 °С теплопрочность LOCTITE 402 сохраняется на уровне, достаточном для обеспечения эксплуатационных характеристик в применении.



**Рисунок 10**

Теплопрочность при 150 °С у LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев на соединениях внахлестку из нержавеющей стали после старения до 1000 часов при 150 °С.

#### Заключение о высокотемпературных характеристиках

Сводная информация об общих характеристиках при повышенных температурах у LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев представлена в Таблице 4. Принимая во внимание все три термических свойства, рекомендуемая рабочая температура для LOCTITE 402 составляет от -40 °С до +135 °С. Причина заключается в том, что начальная теплопрочность LOCTITE 402 при 150 °С составляет 1,8 Н/мм<sup>2</sup>, что немного ниже того, что считается достаточным для обеспечения рабочих характеристик в применении. Однако, если начальная теплопрочность при 150 °С не является первоочередной задачей для конкретного применения, то LOCTITE 402 может подойти для применения при температурах выше 135 °С. Рекомендуется провести испытания с LOCTITE 402 для каждого конкретного применения.

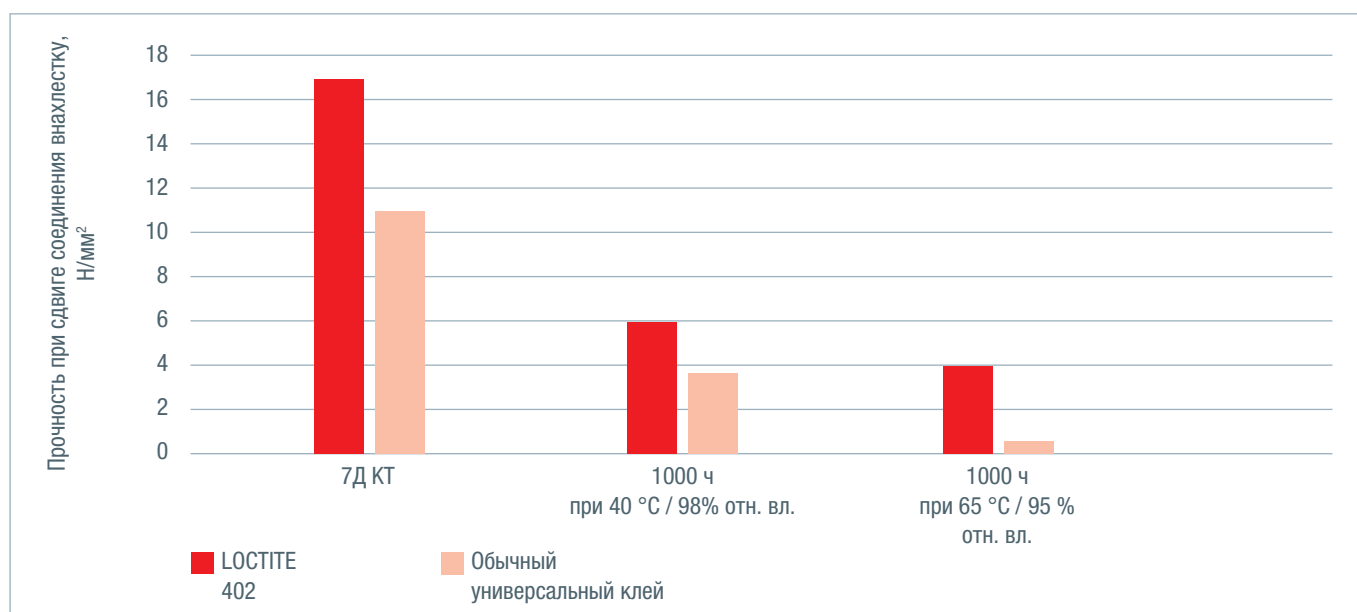
**ТАБЛИЦА 4**

Сводная информация об общих характеристиках при повышенных температурах от 100 °C до 150 °C у LOCTITE 402, обычных универсального и высокотемпературного клеев .

ПРОДУКТ	ИСПЫТАНИЕ	100 °C	120 °C	135 °C	150 °C
LOCTITE 402	Обычный высокотемпературный клей	Да	Да	Да	Нет
	Теплостойкость более 1000 часов	Да	Да	Да	Да
	Теплопрочность более 1000 часов	Да	Да	Да	Да
Обычный универсальный клей	Начальная теплопрочность	Да	Да	Да	Да
	Теплостойкость более 1000 часов	Да	Да	Нет	Нет
	Теплопрочность более 1000 часов	Да	Да	Нет	Нет
Обычный высокотемпературный клей	Начальная теплопрочность	Да	Да	Да	Нет
	Теплостойкость более 1000 часов	Да	Нет	Нет	Нет
	Теплопрочность более 1000 часов	Да	Нет	Нет	Нет

**Повышенная надежность в условиях окружающей среды**

LOCTITE 402 также обеспечивает повышенную надежность в различных условиях окружающей среды по сравнению со стандартным универсальным клеем. LOCTITE 402 демонстрирует повышенную стойкость в условиях высокой температуры/влажности, особенно при повышении температуры. На рисунке 11 показано улучшение характеристик после 1000 часов старения при 40 °C/98% относительной влажности и 65 °C/95% относительной влажности.



**Рисунок 11**

Прочность при сдвиге, Н/мм², для LOCTITE 402 и обычного универсального клея после 1000 часов воздействия на соединение внахлестку из нержавеющей стали в условиях высокой температуры/влажности.

LOCTITE 402 демонстрирует также более высокую стойкость, в отличие от обычного универсального клея, к различным растворителям и средам, включая неэтилированный бензин, моторное масло, изопропанол и этанол (см. рис. 12).

LOCTITE 402 также обладает превосходной стойкостью к воздействию различных растворителей/сред, включая неэтилированный бензин, моторное масло, изопропанол и этанол, по сравнению с обычным универсальным клеем (см. рис. 12).



**Рисунок 12**

Прочность при сдвиге, Н/мм<sup>2</sup>, для LOCTITE 402 и обычного универсального клея после 1000 часов воздействия на соединение внахлестку из нержавеющей стали климатическим старением в различных растворителях/средах.



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хотя конструкторам и технологам доступно множество методов сборки, моментальные клеи, в частности, предлагают значительные преимущества, соответствующие последним требованиям рынка в отношении более компактных, высокопроизводительных и высокоточных устройств. LOCTITE 402 обладает значительными преимуществами по сравнению с традиционными цианоакрилатами, в том числе устойчивостью к повышенным температурам и повышенной долговечностью при воздействии высокой температуры/влажности, сохраняя при этом ключевые характеристики, из-за которых выбираются моментальные клеи (однокомпонентность, быстрая фиксация, универсальность подложки).

LOCTITE 402 — это моментальный клей с сверхвысокими характеристиками: быстрый, надежный и легко автоматизируемый для точной.

## Список литературы


1. Cyanoacrylates: Towards High Temperature Resistant Instant Adhesives. (пер.изд.- Цианоакрилаты: к моментальным клеям, стойким к высокой температуре.) A Critical Review (пер.изд.-Рецензия), Barry Burns, Rev. Adhesion Adhesives, Vol. 5, No. 4, December 2017.

## Благодарность


Авторы благодарят Хилари Брайан (Hilary Bryan) за ее вклад в подготовку данных, использованных в настоящей публикации.

# АВТОРЫ


**Эйн Муни (Aine Mooney)**

 [aine.mooney@henkel.com](mailto:aine.mooney@henkel.com)

**Мартин Смит (Martin Smyth)**

 [martin.smyth@henkel.com](mailto:martin.smyth@henkel.com)

**Тэмми Гернон (Tammy Gernon)**

 [tammy.gernon@henkel.com](mailto:tammy.gernon@henkel.com)

**Майкл Джордан (Michael Jordan)**

[michael.jordan@henkel.com](mailto:michael.jordan@henkel.com)

**Оливер Дросте (Oliver Droste)**

 [oliver.droste@henkel.com](mailto:oliver.droste@henkel.com)

**Кристин Маротта (Christine Marotta)**

 [christine.marotta@henkel.com](mailto:christine.marotta@henkel.com)