

## Долговечность клейких лент 3M™ VHB™



Бюллетень Технического Отдела 3M

Сентябрь 1994 г.

### Общие сведения

В настоящем бюллетене обсуждаются вопросы долговечности и работоспособности монтажных лент с особо прочной клейкой связью VHB™ при продолжительном использовании в условиях с повышенными требованиями. Рассмотрение проводится с различных точек зрения, среди которых: химический состав, стойкость в суровых атмосферных условиях, результаты испытаний долговечности продукции в лабораториях 3M и независимых испытаний, а также некоторые области применения, где клейкие ленты VHB™ показали превосходные характеристики в условиях повышенных требований. Обсуждаются результаты испытаний влагостойкости, стойкости к ультрафиолетовому облучению, усталостной стойкости и климатических испытаний.

---

### Химический состав

Компания 3M занимает лидирующее положение в технологии акриловых самоклеящихся клеевых составов уже более 30 лет. Клейкие ленты VHB™ на пенополиакриловой основе и клеепереносящие ленты служат примером передовых позиций компании 3M в создании долговечной химической продукции. Своей долговременной стойкостью к старению пенополиакриловые клейкие ленты VHB™ и клеепереносящие ленты обязаны входящим в их состав полимерам. В образовании полимерных цепочек ведущую роль играют одиночные связи между атомами углерода, обладающие высокой стойкостью к энергетическому воздействию в форме тепла или ультрафиолетового облучения, а также к химическому воздействию. В случае менее долговечных пеноматериалов или самоклеящихся клеевых составов такие воздействия могут привести к разрыву основной цепи макромолекулы полимера и, следовательно, к ослаблению механической прочности. Однако в случае акриловых клеевых составов и пеноматериалов расщеплению цепочек химически противостоят добавочные перекрестные связи. Это значит, что вопреки идущему процессу разрушения, акриловые материалы в очень небольшой степени проявляют тенденцию к разбиению на блоки при продолжительном воздействии, что выражается в более сильном и долговечном клеевом соединении. В большинстве пенополиакриловых клейких лент VHB™ для повышения прочности и снижения плотности используется мелкая стеклянная дробь. По своей природе такая конструкция является более стойкой к воздействию влаги и химикатов, чем пеноматериал с ячеистыми воздушными включениями.

---

### Испытания на долговечность

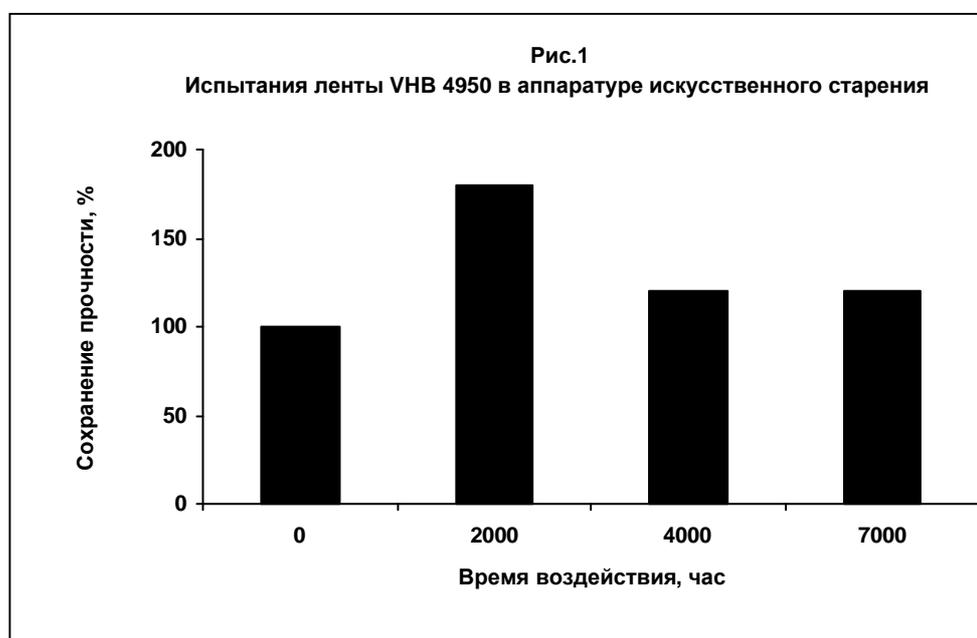
#### Температурное воздействие

Ввиду разнообразия областей применения и требований пользователей клейких лент VHB™, долговечность их всегда была предметом особого интереса. Для лент одним из первейших

вопросов является сохранение клейкости и адгезии при воздействии повышенных температур. Клеепереносящая лента VHB™ F-9473PC сохраняет на 92% прочность на отслаивание после искусственного состаривания рулона при температуре 65°C в течение более 5 лет. При этом характеристики начальной прочности склеивания и удаляемости подложки все еще остаются превосходными. Небольшая разница значений прочности на отслаивание свидетельствует о том, что рулоны этой ленты относительно мало меняют свои свойства в результате длительного воздействия повышенных температур. Клеевые соединения на основе лент VHB переносят периодические кратковременные воздействия высоких температур: до 150°C для большинства лент на пенополиакриловой основе и до 260°C для клеепереносящих лент.

### **Ускоренный погодно-климатический износ**

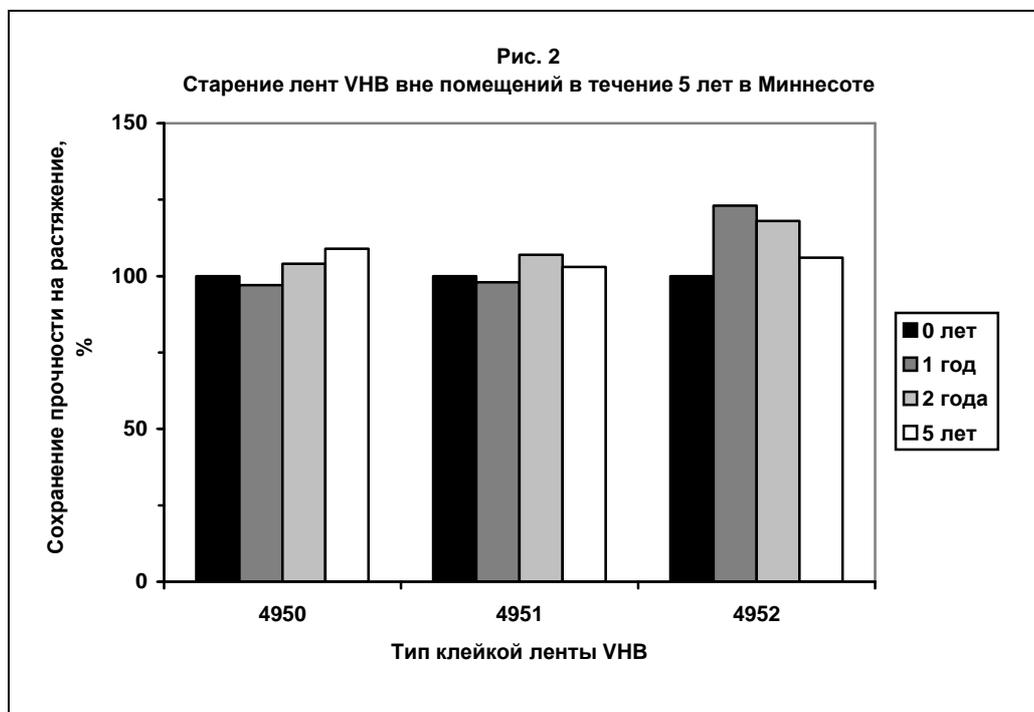
Испытания по ускоренному состариванию проводились в аппаратуре искусственного старения, где клеевые соединения подвергались воздействию повышенной температуры, влажности и сосредоточенного ультрафиолетового облучения. В этих испытаниях исследовалась динамическая прочность на сдвиг при соединении внахлестку нержавеющей стали с помощью ленты VHB™ 4950. Образцы подвергались циклическому воздействию нагрева, влажности, облучения лампами накаливания и дуговыми лампами. Благодаря небольшим размерам образцов обеспечивалось усиленное воздействие ультрафиолетового излучения на края соединения. Как показывает рис. 1, прочность клеевого соединения не ухудшилась по сравнению с исходными характеристиками даже после 7000-часовых испытаний в аппаратуре искусственного старения.



### **Погодно-климатический износ при наружном применении**

Для сбора данных о долговечности семейства клейких лент VHB™ проводились климатические испытания вне помещений в штатах Аризона, Флорида и в других местностях по всему миру. Как правило, в этих испытаниях для некоторых лент VHB™ демонстрировалось почти 100% сохранение прочности адгезии в соединениях алюминия, стекла, поливинилхлорида и

окрашенного металла после циклов естественного старения в течение 2-5 лет в жарком и влажном климате Флориды; жарком, сухом и очень солнечном – Аризоны; с большими перепадами температур – Миннесоты. Рис. 2 демонстрирует сохранение высоких характеристик лент VHB™ 4950, 4951 и 4952 после старения в течение 5 лет вне помещений в Миннесоте. Сходные результаты были получены в ходе пятилетних испытаний лент VHB в Японии.



### **Стойкость к влаге и растворителям**

Испытания адгезии проводились на клеевом соединении алюминия к алюминию с помощью клейкой ленты VHB™ 4945. Образцы погружались на срок более 8 лет в воду с 5% содержанием соли и обычную водопроводную воду. После испытания под слоем клеящего состава была видна чистая блестящая алюминиевая поверхность. При разрушении клеевого соединения одновременно наблюдались отклеивание и расслаивание клеевого слоя, что указывает на очень высокое качество соединения. Продолжительное воздействие повышенной влажности или погружение в воду может сделать полимер более эластичным, допускающим значительное удлинение при растяжении. После многодневного воздействия измерения показывают, что в дальнейшем прочность на разрыв снижается, обычно на величину порядка 40%. Этот эффект с параллельным ростом эластичности является типичным; такая же тенденция часто наблюдается у силиконовых герметиков, получивших признание благодаря своей долговечности. После высыхания выполненного с помощью ленты VHB™ клеевого соединения в нормальных условиях его прочность восстанавливается до исходной величины в сухом состоянии, так что данный эффект обратим.

При попадании брызг или после иного случайного контакта с растворителями, например, горюче-смазочными материалами, спиртами, очистителями клея, аналогичными MEK, и даже

кислотами и щелочами в слабой концентрации, измерения не показали какого-либо их влияния на качество клеевого соединения. Только после продолжительного погружения в агрессивные горюче-смазочные материалы или растворители наблюдалось размягчение клеевого слоя или пеноматериала. **Примечание:** Хотя клейкие ленты VHB™ способны противостоять случайным контактам с подобными химическими продуктами, не рекомендуется подвергать их продолжительному воздействию.

### Испытания сертификационного агентства Underwriter's Laboratories

Клеепереносящие и пенополиакриловые ленты семейства VHB™ получили сертификаты соответствия UL 746С, для чего агентством Underwriter's Laboratories были проведены строгие квалификационные испытания и осуществляется периодический контроль соответствия. Для успешного прохождения этих квалификационных испытаний требуется, чтобы сохранялась высокая прочность соединения после продолжительного воздействия повышенных температур, влажности, холода, а также циклического их чередования. В приводимой ниже таблице перечислены ленты семейства VHB™, получившие сертификат UL 746С, и максимальные разрешенные температуры для каждого сочетания материалов основ.

Клейкие ленты 3М VHB™

Сертификаты UL 746С – Дело МН 17478

Категория QOQW2 – Полимерные клеевые составы, Электрооборудование

Семейство изделий	Материалы основы	Термо-стойкость
Пенополиакриловые и клейкие ленты VHB 4950, 4930, 4920	Алюминий, нержавеющая сталь, оцинкованная сталь, эмалированная сталь, стекло/стеклопластик, керамика	110°C
	Пластик PBT (Valox)	90°C
	Поликарбонат, пластик ABS, непластифицированный поливинилхлорид	75°C
Эластичные пенополиакриловые клейкие ленты VHB™ 4956, 4941, 4936, 4926	Керамика	110°C
	Алюминий, нержавеющая сталь, оцинкованная сталь, эмалированная сталь, поликарбонат, непластифицированный поливинилхлорид, стекло/стеклопластик, пластик PBT	90°C
	Пластик ABS	75°C
Пенополиакриловая клейкая лента VHB™ 4945	Фенольный пластик, алюминий, оцинкованная сталь, алкидное эмалевое покрытие	110°C

	Полиамид (нейлон), поликарбонат, пластик ABS	90°C
	Непластифицированный поливинилхлорид	75°C
Клеепереносящие ленты VHB™ F-9473PC, F-9469PC, F-9460PC	Нержавеющая сталь, стекло/стеклопластик, эмалированная сталь, керамика, фенольный пластик; никелированная сталь (только для 9469)	110°C
	Пластик ABS, поликарбонат, алюминий, оцинкованная сталь	90°C
	Непластифицированный поливинилхлорид	75°C

---

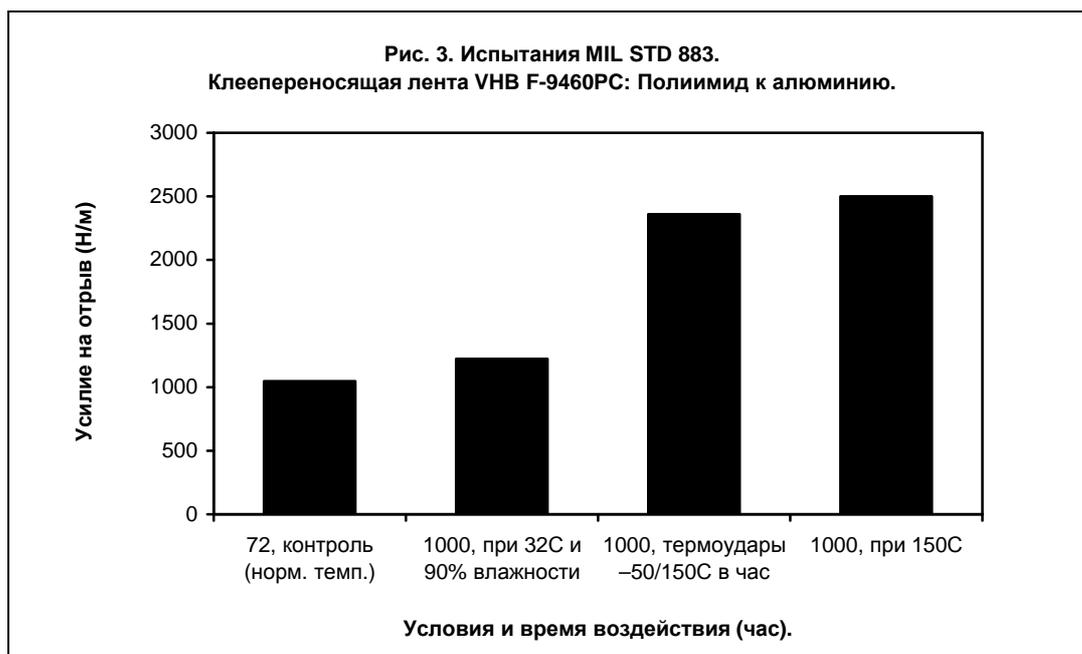
### **Прозрачность**

С появлением прозрачных акриловых лент VHB™ 4910 и 4905 всех дополнительно стали интересоваться вопросы сохранения прозрачности и внешнего вида в ходе длительной эксплуатации. Были проведены испытания в течение 3000 часов на установке ускоренного старения, где клеевые соединения подвергались воздействию высоких температур и ультрафиолетового облучения. Для измерения прозрачности 3 мм пластинки из флоат-стекла склеивались между собой прозрачной лентой VHB™ 4910 толщиной 1 мм. В течение цикла испытаний периодически измерялся коэффициент оптического пропускания, который составлял от 88.2% в начале испытаний до 87.3% в конце. Таким образом, после столь продолжительных и суровых испытаний наблюдается потеря прозрачности лишь в 1%. Однако в условиях повышенной влажности возможно помутнение лент VHB™ 4910 и 4905 из-за слабого поглощения молекул воды. Поскольку для всего семейства клейких лент VHB™ используются одни и те же акриловые полимеры, приведенные результаты позволяют сделать вывод о присущей всему этому семейству стабильности свойств.

---

### **Испытания термоударом**

Клейкие ленты VHB™ показали также высокие характеристики в испытаниях, аналогичных MILSTD883 (общепринятые квалификационные испытания на долговечность изделий для электронной промышленности). В соответствии с протоколом этих испытаний, клеевые соединения выдерживаются 1000 часов при температуре 150°C, 1000 часов при температуре 85°C и относительной влажности 85%, и в течение 1000 часов подвергаются термическому удару – изменению температуры от –50°C до 150°C каждый час. Рис. 3 показывает превосходные характеристики клеепереносящей ленты VHB™ F-9460PC при испытаниях клеевого соединения полиимида к алюминию. Как правило, прочность клеевого соединения возрастает от времени благодаря более полному обезвоживанию поверхностей высококачественным клеевым составом.

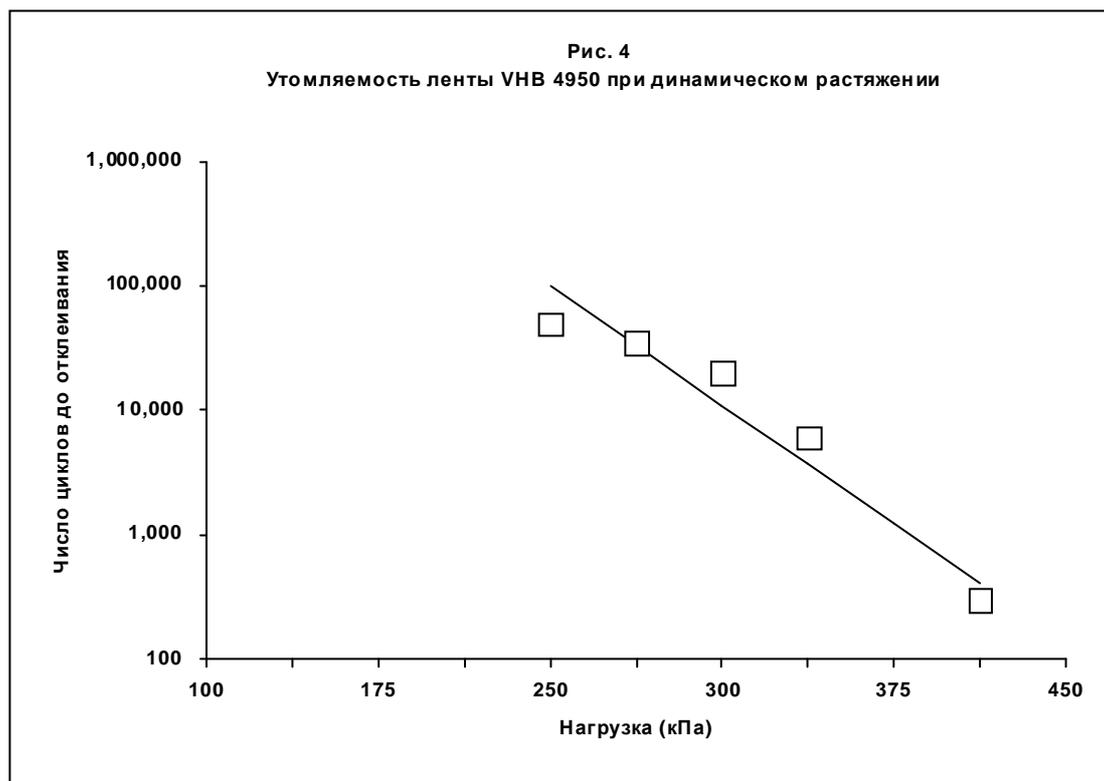


### Усталостная прочность

Еще один фактор долговечности – это усталостная прочность. При многих видах испытаний клеящих составов измерение прочности на отслаивание, на сдвиг и на разрыв проводится в кратковременном режиме, когда разрушение образца происходит в течение нескольких секунд. Эти испытания удобны, когда требуется быстро охарактеризовать стойкость к пиковым нагрузкам, но они не дают сведений о способности изделия переносить вибрации или повторяющиеся нагрузки. Поскольку пользователи применяют клейкие ленты VHB™ во многих приложениях, где требуется усталостная стойкость, например, на грузовиках и прицепах, знаковых и строительных панелях, в вагонах компания 3М разработала испытание, позволяющее охарактеризовать указанные свойства.

Испытываемые на растяжение в установке, создающей постоянное усилие, образцы подвергались циклической нагрузке в диапазоне механических напряжений. Нагрузки выбирались таким образом, чтобы отклеивание соединения происходило через значительные интервалы времени. По мере уменьшения нагрузки образцы выдерживали все больше и больше циклов, и эта тенденция может быть графически представлена в полулогарифмическом масштабе, как изображено на рис. 4. Использование полулогарифмического представления приводит к графику в виде прямой линии, который помогает предсказать характеристики долговечности при меньших нагрузках, для которых непосредственное измерение трудно выполнимо практически. Давая оценку срока службы изделия при циклически действующих нагрузках, эти данные допускают экстраполяцию с целью оценки максимально допустимого конструктивного механического напряжения. Для пенополиакриловых лент типичное значение составляет около 140 кПа при одном миллионе циклов знакопеременной нагрузки. Клейкие ленты VHB™ показывают в этих испытаниях хорошие результаты благодаря присущей им вязкоэластичности. Акриловый пеноматериал и клеящий состав обеспечивают

внутреннее поглощение энергии и ослабляют механическое напряжение, тем самым помогая сохранить целостность клеевого соединения с основой.



### **Примеры долговечности из практики**

В то время, как положительные результаты испытаний всегда выглядят обнадеживающе, самые лучшие примеры долговечности клейких лент VHB™ дает опыт их применения на практике. Клеепереносящие ленты VHB™ используются с середины 70-х, а пенополиакриловые клейкие ленты VHB™ применяются с 1980 г.

Одно из самых первых и наиболее зримых применений пенополиакриловые ленты VHB™ нашли в кузовах автомобилей скорой помощи. Алюминиевые панели, составляющие кузов, наклеивались на каркас автомобиля с помощью ленты VHB™ Для такого применения требуется высокая долговечность, позволяющая эксплуатировать транспортное средство в суровых условиях в течение многих лет.

Другим примером долговечного применения с превосходным качеством является конструкция облицовки стен, например, у здания Министерства финансов Сингапура. Там для противодействия ветровым нагрузкам внешние панели прикрепляются к поверхности стены с помощью скрытых ребер жесткости. Эти клеевые соединения должны переносить ветровые нагрузки, ежедневные циклы температурного расширения и повышенные окружающие температуры. Аналогичные примеры применения в конструкции стен и фасадов зданий имеются по всему миру. Выполненные с помощью клейких лент VHB™ дорожные знаки и архитектурная знаковая продукция, находящиеся в эксплуатации с начала 80-х, также показали свою стойкость в условиях постоянного воздействия окружающего климата и способность амортизировать ветровые нагрузки, в том числе при случающихся ураганах.

Еще один пример долговечности клейких лент VHB™ был получен на предприятии Bendix Automotive Proving Grounds в штате Индиана. Был построен полноразмерный седельный тягач с кабиной со спальным местом, у которого все внешние панели и двери были приклеены к внутреннему каркасу лентой VHB™ 4950. После жестких трековых испытаний на долговечность, эквивалентных пробегу приблизительно 500 тыс. км, клеевые соединения с помощью ленты VHB™ не получили никаких повреждений. Это производит особое впечатление в свете того факта, что на некоторых механически соединенных и сварных деталях появились повреждения, так что для продолжения испытаний потребовался ремонт.

Одним из самых требовательных было применение клейкой ленты VHB™ на внешней поверхности самолетов. На некоторых серийных моделях самолетов имеются противоизносные накладки из нержавеющей стали, которые крепятся к алюминиевой поверхности закрылков. Эти панели помогают предотвратить абразивный износ в зоне между закрылком и нижней поверхностью крыла во время движения закрылков при взлете и посадке самолета, а также при вибрации в ходе полета. Для крепления этих панелей с 1984 г. используется клеепереносящая лента VHB™ 9473. В данном применении долговечность приобретает ключевое значение, поскольку клеевое соединение подвержено действию широкого диапазона температур – от нагревания обшивки прямыми солнечными лучами на земле до температуры –54°С на больших высотах. К тому же такой температурный цикл может неоднократно повторяться в течение одного дня.

---

#### **Важное замечание**

Все утверждения и технические данные, изложенные в настоящем документе, основаны на результатах экспериментов и испытаний, надежность которых удовлетворяет требованиям компании, однако их полнота или точность не гарантируется. Пользователь обязан убедиться в соответствии конкретной клейкой ленты марки 3М™ VHB™ предполагаемой цели использования и применяемому способу наклеивания.

---

#### **Гарантийные обязательства**

Компания 3М гарантирует отсутствие дефектов материалов и производственных дефектов ленты марки 3М™ VHB™ в течение 12 месяцев с момента продажи или поставки (в зависимости от того, что произошло раньше). **НАСТОЯЩАЯ ГАРАНТИЯ ОТМЕНЯЕТ ВСЕ ПРОЧИЕ ПРЯМЫЕ ИЛИ КОСВЕННЫЕ ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА, ВКЛЮЧАЯ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОСТИ ПРОДУКЦИИ И ЕЕ СООТВЕТСТВИЯ НАЗНАЧЕНИЮ.** Данные гарантийные обязательства не распространяются на ущерб, понесенный в результате использования или невозможности использования клейкой ленты 3М™ VHB™ вследствие неправильного применения, неквалифицированного наклеивания, а также несоблюдения рекомендаций изготовителя по хранению и применению.

---

#### **Ограничения на действие гарантийных обязательств**

При обнаружении дефектов ленты марки 3М™ VHB™ в течение установленного гарантийного срока **ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ КОМПЕНСАЦИЯ, В КАЧЕСТВЕ КОТОРОЙ КОМПАНИЯ 3М ОСТАВЛЯЕТ ЗА СОБОЙ ПРАВО ВЫБРАТЬ ВОЗВРАТ ОПЛАЧЕННОЙ СТОИМОСТИ ИЛИ**

ЗАМЕНУ ДЕФЕКТНОЙ ПРОДУКЦИИ. В остальных случаях компания 3М не несет какой-либо ответственности за любые случайные, непосредственные или косвенные потери или ущерб вне зависимости от юридической базы подобного иска.

---

## **ISO 9002**

Данная продукция Отделения промышленных и специальных лент произведена в рамках Системы качества 3М, сертифицированной на соответствие стандартам ISO 9002.