

Е. А. Лебедев¹✉, Е. Г. Бобылева¹

Решение проблемы деламинации триплекса

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: creomaster08@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются наиболее эффективные пути решения проблемы деламинации триплекса на стадии производства. Были изучены разновидности ламинированного стекла, использующие разные полимерные материалы в качестве промежуточного слоя. Были рассмотрены недостатки наиболее распространенного в современном мире вида триплекса, ведущие к возникновению деламинации. Объектом изучения стало ламинированное стекло на основе поливинилбутиральной пленки и его аналог с промежуточным слоем из этиленвинилацетатной пленки. Был произведен сравнительный анализ характеристик двух видов триплекса, влияющих как на возникновение деламинации, так и не относящихся к вышеуказанному дефекту. В результате были определены основные характеристики этиленвинилацетатного триплекса, исключающие возможность возникновения деламинации и ставящие его на место наилучшего безопасного материала для остекления транспорта и зданий.

Ключевые слова: триплекс, деламинация

Е. А. Lebedev¹✉, E. G. Bobilyova¹

Solving the triplex delamination problem

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: creomaster08@gmail.com

Abstract. The article discusses the most effective ways to solve the problem of triplex delamination at the production stage. Varieties of laminated glass using different polymer materials as an intermediate layer have been studied. The disadvantages of the most common type of triplex in the modern world, leading to delamination, were considered. The object of study was laminated glass based on polyvinyl butyral film and its analogue with an intermediate layer of ethylene vinyl acetate film. A comparative analysis of the characteristics of two types of triplex was performed, affecting both the occurrence of delamination and not related to the above defect. As a result, the main characteristics of ethylene vinyl acetate triplex were determined, eliminating the possibility of delamination and putting it in the place of the best safe material for glazing vehicles and buildings.

Keywords: triplex, delamination

Введение

В современном мире большинство зданий, а также все автомобили, от легковых до тяжелой техники, имеют в своей структуре многослойное стекло – ПВБ-триплекс, обеспечивающее безопасность при эксплуатации, благодаря своей способности сохранять форму при разбивании и удерживать опасные осколки [1–4].

Однако этот материал подвержен губительному воздействию окружающей среды и при неправильной эксплуатации теряет свои свойства. Потеря адгезивных свойств стекла и ослабевание химических связей в пленке приводят к отслоению слоёв ламинированного стекла друг от друга [5, 6].

Деламинация

Деламинация – явление расслоения триплекса на первоначальные компоненты из-за изменения свойств пленки с течением времени или под воздействием окружающей среды. Деламинация полностью лишает ламинированное стекло своих свойств и способна распространяться внутри поверхности материала после возникновения на небольшом участке [7].

Причинами, влекущими возникновение деламинации могут быть:

1) Хранение ПВБ-пленки при несоответствующей температуре и влажности, в следствие снижение адгезии [8].

2) Высокая влажность. Из-за наличия поляризованных спиртовых групп в составе ПВБ, гигроскопичность материала значительно повышается, и вода в жидком или газообразном состоянии проникает в молекулярные связи, ослабляя связь между слоями.

3) Неправильные параметры при запекании в автоклаве. При слишком высокой температуре и давлении, большое число промежуточных слоев пленки будет переливаться, а при слишком низких параметрах, пленка и стекло не смогут полноценно склеиться.

4) Слишком тонкий промежуточный слой. При использовании закаленного стекла, поверхность которого не такая ровная как у отожженного стекла, в некоторых местах слой пленки может оказываться недостаточно толстым и отслаиваться [9].

5) Воздействие солнечных лучей. Негативное влияние солнечного света обусловлено тем, что энергия, переносимая волнами, в том числе в виде частиц, может запускать процесс деградации химических связей между стеклом и пленкой. По этой причине для тестирования многослойного стекла часто используются ксеноновые лампы. Также ПВБ пленка начинает выцветать при длительном облучении ультрафиолетом.

Причины возникновения деламинации

Причинами проявления деламинации могут послужить:

1) Хранение ПВБ-пленки при несоответствующей температуре и влажности, в следствие снижение адгезии [10].

2) Высокая влажность. Из-за наличия поляризованных спиртовых групп в составе ПВБ, гигроскопичность материала значительно повышается, и вода в жидком или газообразном состоянии проникает в молекулярные связи, ослабляя связь между слоями [11].

3) Неправильные параметры при запекании в автоклаве. При слишком высокой температуре и давлении, большое число промежуточных слоев пленки бу-

дет переливаться, а при слишком низких параметрах, пленка и стекло не смогут полноценно склеиться [12, 13].

4) Слишком тонкий промежуточный слой. При использовании закаленного стекла, поверхность которого не такая ровная как у отожженного стекла, в некоторых местах слой пленки может оказываться недостаточно толстым и отслаиваться [14].

5) Воздействие солнечных лучей. Негативное влияние солнечного света обусловлено тем, что энергия, переносимая волнами, в том числе в виде частиц, может запускать процесс деградации химических связей между стеклом и пленкой. По этой причине для тестирования многослойного стекла часто используются ксеноновые лампы. Также ПВБ пленка начинает выцветать при длительном облучении ультрафиолетом [15–17].

ЭВА-триплекс

В последнее время возрастает популярность аналога ПВБ-триплекса на основе EVA пленки. Он уже применяется в большом количестве крупных городов, как материал для остекления зданий, а его внедрение в автомобилестроение может искоренить проблему деламации лобовых стекол и понизить их стоимость [18, 19].

Этиленвинилацетат является более стойким соединением, с меньшей гигроскопичностью и чувствительностью к солнечному свету. Главными преимуществами EVA-триплекса над ПВБ собратом являются:

1) Долговечность. Пленка EVA имеет высокую прочность на разрыв и стойкость к химическим воздействиям[20].

2) Устойчивость к УФ-излучению, что предотвращает выцветание и разрушение стекла под воздействием солнечного света.

3) Простота работы. Не требуется сложное оборудование, что упрощает процесс ламинирования и снижает затраты на производство.

4) Прозрачность и качество изображения. Пленка EVA обеспечивает кристально чистое изображение без искажений.

Заключение

В результате сравнительного анализа характеристик ЭВА-триплекса и ПВБ-триплекса, было выяснено что ламинированное стекло на основе этиленвинилацетатной пленки не имеет недостатков поливинилбутирального триплекса, являющихся причиной появления деламации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ПриорГласс : Технология изготовления триплекса (часть 1) : [официальный сайт]. – URL : <https://priorglass.ru/stat-i/tekhnologiya-proizvodstva-tripleksa-ch/> (дата обращения: 03.04.25). – Режим доступа : свободный.
2. ПриорГласс : Технология изготовления триплекса (часть 2) : [официальный сайт]. – URL : <https://priorglass.ru/stat-i/tekhnologiya-proizvodstva-tripleksa-ch-2/> (дата обращения: 03.04.25). – Режим доступа : свободный.

3. Glass Course : Триплекс (ламинированное или многослойное стекло) : [официальный сайт]. – URL : https://glasscourse.ru/laminated_glass?ysclid=m25ueobw8e945889822 (дата обращения: 02.04.25). – Режим доступа : свободный.
4. ГОСТ 30698-2014 «Стекло закалённое». – Москва : Изд-во стандартов, 2014. – 20 с. – Текст : электронный. – URL : <https://gostexpert.ru/data/files/30698-2014/65343.pdf> (дата обращения: 02.04.25). – Режим доступа : свободный.
5. Аплика : Производственные дефекты стеклопакетов: [официальный сайт]. – URL : https://www.alpicagroup.ru/proizvodstvo/proizvodstvo_steklopaketov/proizvodstvennye-defekty-steklopaketov.html (дата обращения: 01.05.25). – Режим доступа : свободный.
6. ГОСТ 32565-2013 «Стекло безопасное для наземного транспорта. Технические условия». – Москва : Госстандарт СССР, 1988. – 53 с. – Текст : электронный. – URL: <https://tonirovkamoskva.ru/wp-content/uploads/2019/05/gost-32565-2013.6185.pdf> (дата обращения: 02.05.25). – Режим доступа : свободный.
7. Tybet ru : Деламинация триплекса – что кроется за этим дефектом остекления? : [официальный сайт]. – URL: https://tybet.ru/content/articles/index.php?SECTION_ID=371&ELEMENT_ID=124097 (дата обращения: 02.05.25). – Режим доступа : свободный.
8. Триплекс. Информация. Ограничения. Технические условия – Томск : Завод закалённого стекла, 2023. – 4 с. – Текст : электронный. – URL : <https://zzsglass.ru/wp-content/uploads/2024/04/Tripleks.-Informatsiya.-Ogranicheniya.-Tehnicheskie-usloviya.pdf> (дата обращения: 02.04.25). – Режим доступа : свободный.
9. В стекольном мире: Деламинация: [официальный сайт]. – URL : https://sa-glass.blogspot.com/2016/02/blog-post_37.html (дата обращения: 01.05.25). – Режим доступа : свободный.
10. ГОСТ 30826—2014 «Стекло многослойное. Технические условия». – Москва : Изд-во стандартов, 2014. – 120 с. – Текст : электронный. – URL : <https://mirrorglass.ru/wp-content/uploads/2017/04/ГОСТ-30826-2014.pdf?ysclid=ma2982cb6x617771342> (дата обращения: 02.04.25). – Режим доступа : свободный.
11. Стекло Люкс : Стекло триплекс : [официальный сайт]. – URL : <https://stekloluks.by/tripleks> (дата обращения: 03.05.25). – Режим доступа : свободный.
12. МИР СТЕКЛА-2026 : Триплекс : [официальный сайт]. – URL : <https://www.mir-stekla-expo.ru/ru/articles/tripleks/?ysclid=mbhze14s2r212054996> (дата обращения: 01.05.25). – Режим доступа : свободный.
13. Hartec : Стекло триплекс : [официальный сайт]. – URL : <https://hartec.ru/articles/polezno/cteklo-tripleks-chto-eto-ego-kharakteristiki-i-gde-primenyaetsya/?ysclid=mbhzisokb3354-289583> (дата обращения: 02.05.25). – Режим доступа : свободный.
14. Перила ГлавСнаб : Стекло триплекс : [официальный сайт]. – URL : https://www.perilaglavsnab.ru/stati/steklo_tripleks/?ysclid=mbhz8xit7j375739582 (дата обращения: 02.05.25). – Режим доступа : свободный.
15. Дитс Сервис : Тестирование стекла на прочность: технология и правила : [официальный сайт]. – URL : <https://dits-servis.by/polezno-znat/testirovanie-stekla-na-prochnost-tekh/> (дата обращения: 02.05.25). – Режим доступа : свободный.
16. ГОСТ Р 51136—2008 «Стекла защитные многослойные. Общие технические условия». – Москва : Изд-во стандартов, 2008. – 34 с. – Текст : электронный. – URL : <https://meganorm.ru/Data/476/47614.pdf> (дата обращения: 02.05.25). – Режим доступа : свободный.
17. ОкнаМедиа : Что такое триплекс : [официальный сайт]. – URL : <https://www.oknamedia.ru/novosti/chto-takoe-tripleks-48754> (дата обращения: 03.05.25). – Режим доступа : свободный.
18. Clemar : Триплекс : [официальный сайт]. – URL : <https://clemar.ru/stati/tripleks/> (дата обращения: 02.05.25). – Режим доступа : свободный.

19. СтеклоИнструмент : Плёнка EVA : [официальный сайт]. – URL : <https://stekloinstrument.ru/osteklenie/plenka-protivooskolochnaya/1plenka-EVA/?yclid=15535056678261358591> (дата обращения: 02.05.25). – Режим доступа : свободный.
20. Окна Трейд : Стёкла триплекс – безопасность, эстетичность и высокие технологии : [официальный сайт]. – URL : <https://www.oknatrade.ru/help/stekla-tripleks-bezopasnost-estetichnost-i-vysokie-tekhnologii/> (дата обращения: 03.05.25). – Режим доступа : свободный.

© *Е. А. Лебедев, Е. Г. Бобылёва, 2025*