

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОБОВЫХ СТЕКОЛ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ ТОНИРОВОЧНЫХ ПЛЕНОК**

**Моисеев С.А.,**

**научный руководитель канд. техн. наук Евсеев П.П.**

*Сибирский Федеральный Университет*

Насколько важны лобовые стекла в автомобиле прекрасно осознает любой водитель. Основная функция, которую выполняют лобовые стекла — защитная. Стекло защищает водителя и пассажира от различных атмосферных явлений и других неприятных неожиданностей. Более того, лобовое стекло является важным элементом силовой конструкции кузова, который участвует в равномерном распределении нагрузки при эксплуатации транспортного средства. В процессе эксплуатации автомобиля стекло постоянно подвергаются механическому воздействию песка, мелкого гравия и камней, что приводит к различным повреждениям. Так же на стекле может образоваться трещина вследствие неправильной эксплуатации. Современные автомобильные стёкла могут защитить не только от ветра (поэтому переднее стекло называют ветровым) и дождя, но и от солнечного света (ультрафиолетового и инфракрасного излучения), а также от летящих из под колёс камней. Трещины, преимущественно в нижней части лобового стекла появляются при чрезмерном нагреве от работы обдува печки автомобиля. Это может произойти когда, садясь в холодную машину на морозе, владелец хочет обогреть салон и убрать ледяную корку с лобового стекла. Как правило, для этого включается обдув лобового стекла на полную мощность. Так же трещина может возникнуть, когда в мороз водитель приезжает на мойку и неквалифицированные работники начинают мыть автомобиль, направляя поток горячей воды на холодный внешний слой лобового стекла.

Рассмотрим механизм возникновения напряжений в твердом стекле применительно к условиям эксплуатации автомобилей. Стекло реагирует на температурные изменения как упругое тело и возникают временные термоупругие напряжения, исчезающие (если стекло не разрушилось) при выравнивании температуры. Пусть имеется стеклянный шар, который мысленно можно разделить на ядро и внешний слой. Если шар нагрет, все его части имеют одинаковую температуру, поэтому напряжения внутри шара нет. При резком охлаждении внешний слой будет остывать значительно быстрее, чем ядро, поэтому объем шара уменьшается неравномерно. Если бы секторы внешнего слоя не были связаны между собой, то каждый из них сжался бы, а между ними образовались свободные пространства. Но так как частицы стекла во внешнем слое связаны, между ними возникают напряжения растяжения, которые могут довести внешний слой до разрушения, т.е. до образования радиальных трещин, идущих от поверхности. Между внешним слоем и ядром будут создаваться напряжения сжатия, так как ядро противодействует сжатию внешнего слоя под действием более резкого охлаждения последнего. При резком нагревании внешний слой, нагреваясь быстрее ядра, стремится увеличиться в объеме и отслоиться от ядра. Но так как он связан с ядром, то между ними возникают напряжения растяжения. Между частицами внешнего слоя, которые не могут оторваться от ядра, но увеличиваются в объеме, возникают напряжения сжатия. Если принять во внимание, что стекло сопротивляется растяжению во много раз хуже, чем сжатию, а прочность стекла сильно зависит от состояния поверхности, и резкий тепловой удар получает всегда поверхность стекла, то для стекла более опасно быстрое охлаждение, чем

нагревание. Термостойкость стекла зависит главным образом от температурного коэффициента линейного расширения, модуля упругости, предела прочности при растяжении. В основном термостойкость стекла определяется температурным коэффициентом линейного расширения: чем он меньше, тем выше термостойкость. Для стеклоизделий термостойкость в значительной степени зависит от состояния поверхности и однородности стекла. Сколы, царапины, трещины, неоднородность состава и плохой отжиг — все это резко снижает термостойкость стекла. Плохая теплопроводность способствует неравномерному распределению напряжений по сечению охлаждающего стекла при термическом воздействии, поэтому, чем тоньше и равномернее по сечению стенки изделия, тем выше его термостойкость. Термическое расширение стекла характеризуется обычно температурным коэффициентом линейного расширения. Температурный коэффициент линейного расширения характеризует относительное увеличение длины образца стекла при нагревании на один градус. Температурный коэффициент линейного расширения зависит от химического состава стекла. Термостойкостью называется способность стекла сопротивляться резким изменениям температуры. Мерой термостойкости является температурный перепад, который выдерживает стекло без разрушения. Термостойкость имеет большое значение для автомобильных стекол, для их эксплуатации в суровых климатических условиях, при отрицательных температурах. При изменении температуры окружающей среды, в стекле возникают напряжения, под действием которых стекло может разрушиться.

Возникновение напряжений обусловлено следующими факторами:

- низкой теплопроводностью стекла;
- появлением значительных температурных градиентов при нагреве или охлаждении;
- неравномерным изменением размеров и объема отдельных участков нагревающегося или охлаждающегося стекла.

В рамках моей диссертационной работы, было принято решение, совместно с моим руководителем, о проведении научного опыта. Основная цель которого заключалась в подтверждении предположения о том, что нанесение прозрачной тонирующей пленки на внутренний слой лобового стекла поможет снизить негативное влияние перепада температур, возникающего в результате воздействия нагретого воздуха из системы вентиляции и отопления салона (кабины) автомобиля. Одним из условий проведения опыта было наличие отрицательной температуры окружающего воздуха. Выбрав подходящий день, когда температура воздуха опустилась до  $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ , было решено начать эксперимент. Схема установки для проведения опыта показана на рисунке 1. Она представляет собой коробку, имитирующую салон (кабину) автомобиля, внутри находится нагреватель воздуха, на стенке коробки вырезано отверстие и приклеен кусок лобового стекла. Температура выхода воздуха из нагревателя равняется  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . К стеклу подсоединены датчики температуры.

Порядок проведения опыта:

1. Включить нагреватель воздуха, имитирующий элемент системы отопления, и направить поток на вырезанный кусок лобового стекла;
2. Фиксировать показания датчиков температуры, подсоединенных к внутреннему и внешнему слою лобового стекла;
3. По достижении температуры внутреннего слоя лобового стекла, равной  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  остановить эксперимент.

Опыт был проведен два раза – без пленки на внутреннем слое лобового стекла, и с пленкой. В ходе проведения первого эксперимента было принято решение насыпать

снега на внешний слой лобового стекла. Результаты проведения опыта представлены на рисунках 2 и 3 в виде графиков, показывающих зависимость температуры от времени.

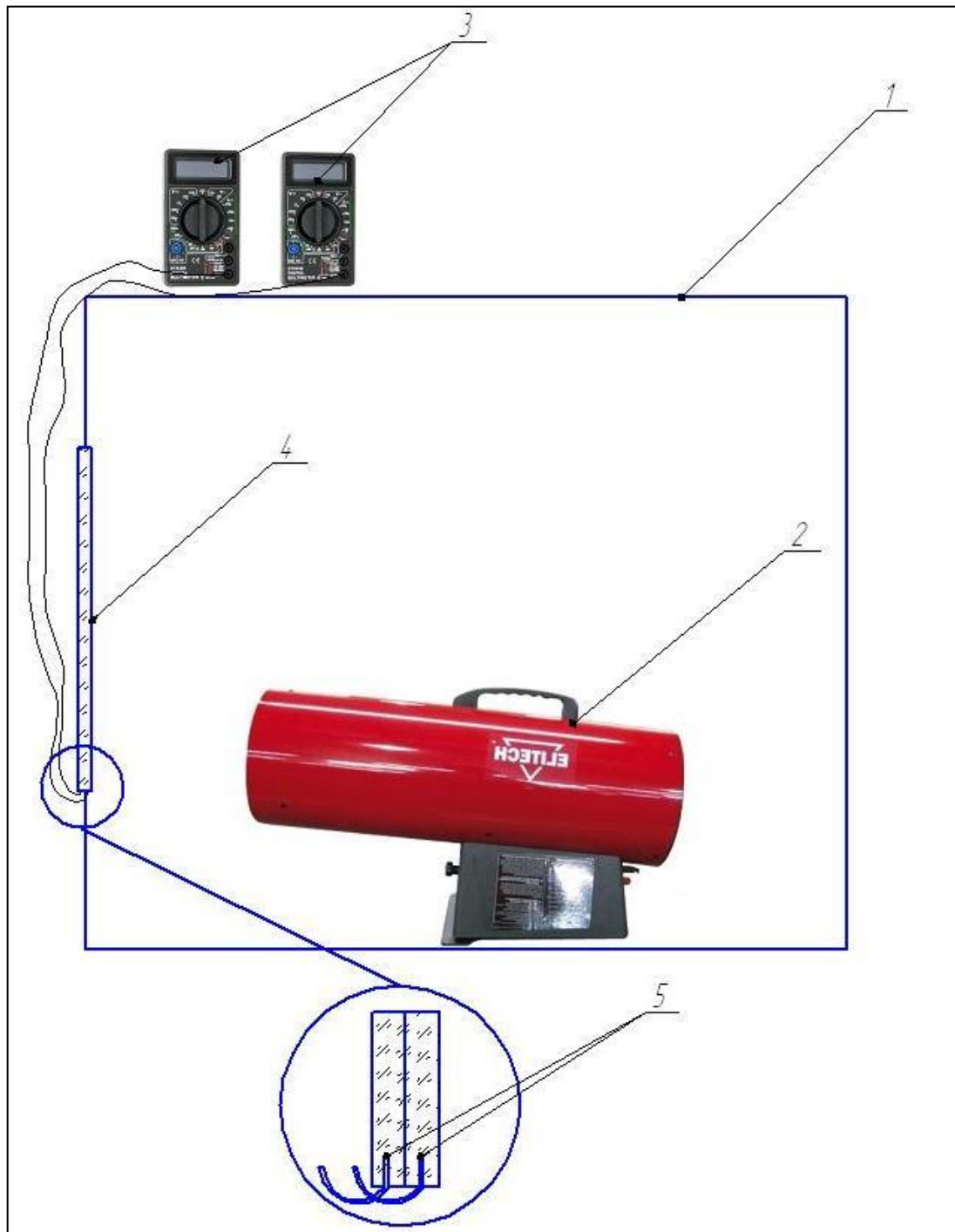


Рисунок 1 – Схема установки для проведения эксперимента:  
1 – Коробка; 2 – Нагреватель воздуха; 3 – Датчики температуры; 4 – Кусок лобового стекла; 5 – Контакты датчиков во внутреннем и внешних слоях лобового стекла

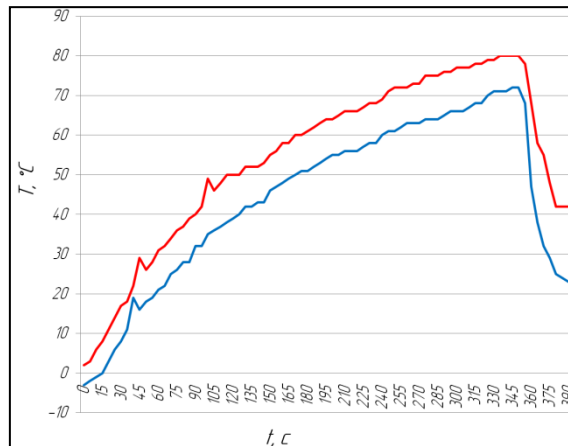


Рисунок 2 – Результат проведения опыта без пленки

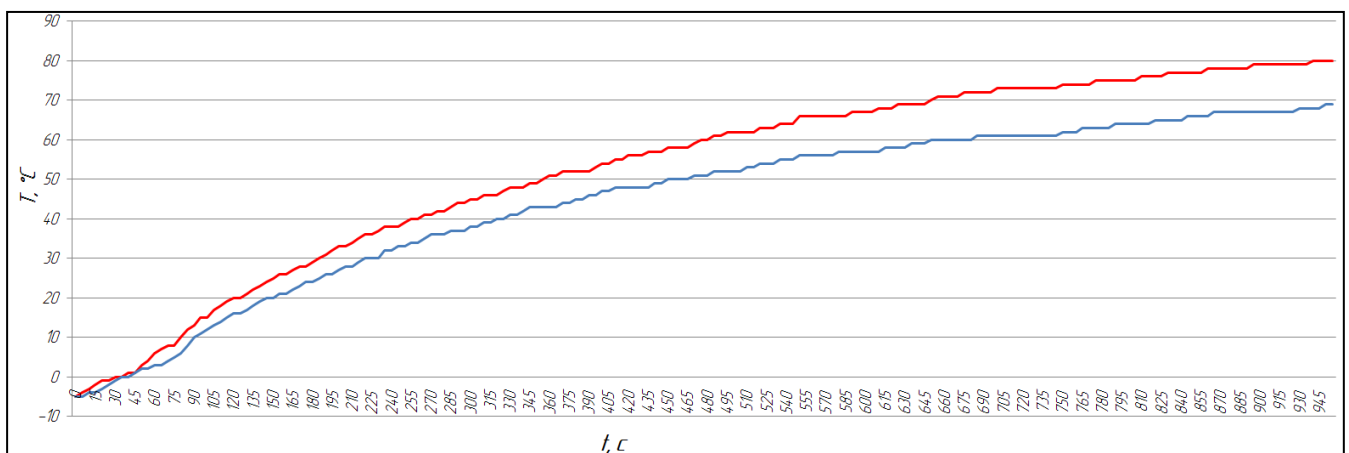


Рисунок 3 – Результат проведения опыта с пленкой

Как видно из рисунка 2 – нагрев лобового стекла до 80 °C (ГОСТ 5727 – 88) без пленки на его внутренней поверхности происходит за 5,5 минуты. При этом нагрев внутреннего и внешнего слоя происходит местами неравномерно. После достижения 5,5 минут было решено посыпать снег на внешний слой лобового стекла. Температура начала падать, и достигнув разрыва в 20 градусов на 6,5 минуте стекло начало трескаться.

На 3 рисунке показана зависимость температуры нагрева от времени лобового стекла с приклеенной прозрачной пленкой на внутреннем слое. График показывает, что достижение температуры 80 °C происходит за 15,5 минут, что почти в три раза дольше, чем это произошло при первом испытании. График имеет плавную линию роста температуры, без значимых отклонений между двумя линиями температуры.

По результатам проведения опыта можно сделать следующий вывод:

Нанесение прозрачной тонирующей пленки на внутренний слой лобового стекла автомобиля может значительно снизить негативное влияние воздействия высокой температуры, выходящей из дефлекторов системы отопления.