

ности удержаться в вертикальном положении попытаться сгруппироваться, закрыть голову руками. Определенную опасность при резких торможениях представляют зонты, трости и другие предметы с острыми и выступающими краями. Во время движения транспорта нельзя дремать, так как скорость реакции на надвигающуюся опасность будет слишком низкой.

При аварии в трамвае и троллейбусе, связанной с повреждением токоведущего провода, нужно помнить, что самые безопасные места в них – сидячие, при этом ноги от пола лучше оторвать, а к стенам и поручням не прикасаться. Основными причинами аварий и катастроф на железнодорожном транспорте являются неисправности пути, подвижного состава, средств сигнализации, блокировки, ошибки диспетчеров, невнимательность и халатность машинистов. Чаще всего происходит сход подвижного состава с рельсов, столкновения, наезды на переездах, пожары и взрывы непосредственно в вагонах. Наибольшую угрозу для пассажиров представляют первый и последний вагоны поезда. Первый сминается и сбрасывается с путей при столкновении в лоб. С последним вагоном то же самое происходит при ударе сзади, только в еще более катастрофических масштабах, так как его не амортизирует багажный вагон, находящийся в передней части поезда.

Список литературы

- 1 Правонарушения в Республике Беларусь. Статистический сборник. – Минск, 2015. – С. 134.
- 2 Дорожно-транспортные травмы // Информационный бюллетень № 358 Всемирной организации здравоохранения (октябрь 2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://portalramn.ru/> – Дата доступа : 09.12.2015.
- 3 Статистика ДТП [Электронный ресурс] : стат. портал. – Режим доступа : <http://statistica.RU>. – Дата доступа : 09.12.2015.

УДК 539.3

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ МНОГОСЛОЙНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗКАХ

Н. В. СМЕТАНКИНА, А. И. МЕРКУЛОВА, Д. А. МЕРКУЛОВ, А. В. ПОСТНЫЙ
Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков

Обеспечение эффективной и безопасной эксплуатации спецтехники является одной из важнейших задач при ликвидации последствий техногенных аварий. Для решения этой задачи необходимо обеспечение прочности остекления кабин основных и специальных пожарных автомобилей как одной из наиболее уязвимых частей техники.

Характерной особенностью эксплуатации спецтехники является работа вблизи пожаров и взрывоопасных объектов, что может привести к воздействию значительных силовых и температурных нагрузок. Особо опасной является работа рядом со взрывоопасными объектами, поскольку во время взрыва на спецтехнику действуют кратковременные нагрузки большой интенсивности [1].

Пожарные автомобили предназначены для доставки личного состава, тушения пожаров и проведения спасательных работ. Как правило, пожарные автомобили производятся на базе шасси существующих грузовиков (КамАЗ, ЗИЛ, МАЗ, КрАЗ).

По площади остекление занимает значительную поверхность кабин 1,8–2,6 м². На многоцелевых автомобилях, как правило, присутствуют по два больших ветровых окна, разделенных центральной стойкой оконного прореза. Наибольшее применение в кабинах нашли плоские стекла. Остекление кабин, как правило, выполнено из закаленных однослойных стекол (сталинита) или трехслойных (триплекса). Толщина всех стекол кабин многоцелевых автомобилей находится в пределах 5,0–6,5 мм.

Закрепление ветровых стекол и стекол задней панели в прорезах осуществляется с помощью резинового уплотнителя, который фиксируется по периметру закладки замком из полимерного материала или резины. В работе [2] установлено, что создание защитного стекла для спецтехники требует комплексного подхода и не допускает упрощенного решения задачи за счет обычного наклеивания многослойной полимерной пленки на стекло, установленное в раме. Показано, что на сегодняшний день триплекс (т. е. многослойный стеклоблок) дешевле стекла с многослойной полимерной пленкой.

Целью работы является разработка эффективных методов расчета прочности безопасного многослойного остекления спецтехники при воздействии нестационарных температурных полей.

Многослойное остекление спецтехники рассматривается как многослойная пластина с неканонической формой плана, которая собрана из слоев постоянной толщины, отнесенная к декартовой системе координат, которая связана с наружной поверхностью первого слоя. На наружных поверхностях пластины происходит конвективный теплообмен. Между слоями находятся межслойные пленочные источники тепла.

Уравнение теплопроводности и граничные условия на внешних поверхностях пластины получаем из вариационного уравнения теплового баланса [3]. Чтобы трехмерную задачу теплопроводности свести к двумерной задаче, температура в слоях и на боковой поверхности, а также удельные мощности внутренних источников тепла представляются в виде разложений в ряды по полиномам Лежандра [4].

Метод решения задачи состоит в следующем. Исходная многослойная пластина произвольной формы в плане погружается во вспомогательную многослойную прямоугольную охватывающую пластину с нулевыми условиями на контуре и с той же композицией слоев. Чтобы обеспечить выполнение реальных граничных условий, к вспомогательной пластине вдоль границы контура исходной пластины прикладываются компенсирующие источники, которые учитываются в уравнении теплопроводности в интегральном виде. Удовлетворение граничных условий на исходном контуре приводит к системе интегральных уравнений для определения распределений компенсирующих источников. Далее функции температуры и внутренних источников разлагаются в двойные тригонометрические ряды по функциям, которые удовлетворяют граничным условиям для прямоугольной пластины. Функции температуры, входящие в граничные условия исходной пластины, разлагаются в одинарный ряд вдоль исходного контура. После определения интенсивностей компенсирующих источников, вычисляются значения температур в слоях пластины. Далее решается несвязанная задача термоупругости многослойных пластин с учетом полученных температурных воздействий.

Деформирование пластины описывается в рамках уточненной теории, учитывающей деформации поперечного сдвига и обжатие материала слоев по толщине. Метод решения задачи термоупругости аналогичен методу решению задачи теплопроводности. Исходная пластина погружается во вспомогательную прямоугольную шарнирно опертую пластину. Для выполнения заданных граничных условий к вспомогательной пластине вдоль контура исходной пластины прилагаются дополнительные распределенные компенсирующие усилия и моменты. Таким образом, исходная задача о деформировании исходной пластины под действием силовой и тепловой нагрузки сводится к задаче о деформировании вспомогательной пластины под действием нагрузок, а также компенсирующих усилий и моментов [5].

Далее функции перемещений, заданных и компенсирующих нагрузок разлагаются в тригонометрические ряды по функциям, которые удовлетворяют условиям шарнирного опирания прямоугольной пластины.

На примере ветровых стекол некоторых типов спецтехники проведено численное исследование температурных полей и напряжений в слоях остекления автомобилей спецтехники. Рассмотрены трехслойные композиции ветровых стёкол для КамАЗ-5320, Урал-432 и КрАЗ-260.

Температура, которая возникает при лесных пожарах 100–930°C [6]. При пожарах на нефтебазах, предприятиях химической и нефтехимической промышленности температура повышается до 2000 °C [7, 8].

Установлено, что температура разрушения многослойного остекления составляет 350 °C. Если температура превышает это значение, необходимо использовать специальные пожарные танки или многоцелевые легкие бронированные тягачи, в которых стеклоблоки оборудованы броневыми крышками. При этом наблюдения за дорогой механиком-водителем ведется через смотровые устройства.

Расчётные исследования показали, что температура в стекле для всех типов спецтехники при рассматриваемых условиях не превышает температуры разрушения. То есть остекление не разрушится при таких условиях, однако другие узлы машин могут выйти из строя при значительно меньших температурах. Поэтому во время тушения пожаров необходимо устанавливать безопасную дистанцию, на которой каждый тип спецтехники выдержит температурные нагрузки.

Список литературы

1 **Голяков, В. И.** Метод расчета взрывозащитного остекления / В. И. Голяков, А. А. Дайлов, В. А. Кишкин // Системы безопасности. – 2004. – № 4. – С. 26–27.

2 **Мильков, В. Г.** Двухосноориентированная полиэтилентерефталатная пленка. Всегда ли необходима в пулестойком и взрывобезопасном остеклениях? / В. Г. Мильков // Технологии безопасности. – 2004. – № 6. – С. 24–26.

- 3 **Smetankina, N.** Calculation of temperature fields in multilayer plates and shells with distributed sources / N. Smetankina, O. Postnyi // *Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Srodowiska*. – 2020. – Vol. 10, no. 2. – P. 28–31.
- 4 Stationary problem of heat conductivity for complex-shape multilayer plates / A. I. Malykhina [et al.] // *Вестник Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина. Сер. Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизированные системы управления*. – 2019. – Т. 41. – С. 46–54.
- 5 **Сметанкина, Н. В.** Нестационарное деформирование, термоупругость и оптимизация многослойных пластин и цилиндрических оболочек : [монография] / Н. В. Сметанкина. – Харьков : Миськдрук, 2011. – 376 с.
- 6 **Валендик, Э. Н.** Влияние пожаров на устойчивость хвойных пород / Э. Н. Валендик, А. И. Сухинин, А. И. Косов. – Красноярск, 2006. – 96 с.
- 7 **Абрамов, Ю. А.** Тепловые процессы в нагреваемом резервуаре / Ю. А. Абрамов, А. Е. Басманов // *Коммунальное хозяйство городов*. – 2006. – № 67. – С. 357–362.
- 8 Обеспечение пожарной безопасности резервуарного парка хранения нефтепродуктов, расположенного вблизи жилых и общественных зданий / Ю. Н. Шебеко [и др.] // *Пожарная безопасность*. – 2009. – № 2. – С. 33–41.

УДК 656.2.08

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А. В. ТОКАРЕВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для развития автомобильного транспорта в современных условиях рыночной экономики и научно-технического процесса необходимо совершенствовать силовые установки автомобилей. Главное направление в улучшение показателей тепловых двигателей (двигателей внутреннего сгорания) является повышение энергетических и экологических показателей. Совершенствование рабочих циклов двигателя внутреннего сгорания (ДВС) в последние годы осуществляется применением различных средств, направленных, главным образом, на повышение экономичности и снижение токсичности отработавших газов (ОГ). Рассмотрим некоторые из этих средств:

1 Изменение конструкции. Большинство таких технологий находится все еще на стадии разработок, ожидая финансирования, или внедрены пока только в опытные образцы, для демонстрации своих возможностей. Не одно из данных решений не является панацеей, но каждое из них показывает, насколько меньше мы могли бы использовать топлива, делая автомобили намного эффективнее.

2 Применение альтернативного топлива. Около трети добываемой во всем мире нефти потребляется транспортными ДВС. Стратегия снижения потребления нефти в двигателях предполагает два направления:

- применение бензинов и дизельных топлив с вовлечением новых компонентов и добавок, в том числе не нефтяного происхождения, и использование водородного топлива;
- постепенный переход к наибольшему использованию природных и попутных газов при переработке нефти.

3 Совершенствование системы подготовки горючей смеси. Основная задача для повышения энергоэффективности и мощности двигателя, оставить рабочий объем двигателя прежним, но подавать в единицу времени больше топлива. Увеличить подачу топлива несложно, но при этом необходимо обеспечить нормативное соотношение воздуха и топлива в горючей смеси. Двигатель не имеет возможности самостоятельно всасывать воздух, поэтому не обойтись без специального устройства, повышающего давление. Эти устройства называют нагнетателями или компрессорами.

И все-таки постепенно на смену двигателям внутреннего сгорания приходят принципиально другие, экологически безвредные, например электрические, но на данном этапе по потребительским качествам ДВС не утратили своей актуальности.

Список литературы

- 1 **Гурвич, И. Б.** Теория рабочих процессов / И. Б. Гурвич. – Н. Новгород : Нижегородский политех. инст-т, 1992.
- 2 *Мир науки и техники* : науч.-популяр. журнал. – 2011. – № 1924.
- 3 **Сафронов, А. С.** Повышение показателей работы тракторного дизеля за счет испарительного охлаждения наддувочного воздуха : дис. / А. С. Сафронов. – Омск, 1984. – 188 с.
- 4 **Гаврилов, А. М.** Влияние охлаждения наддувочного и дополнительного воздуха на технико-экономические показатели дизельного двигателя : дис. / А. М. Гаврилов. – Казань, 2008. – 164 с.
- 5 **Евенко, В. И.** Система охлаждения наддувочного воздуха двигателя внутреннего сгорания. Патент 2468219 (27.11.2012).
- 6 *Русский бизнес // Эксперт С-3*. – 2012. – № 22.
- 7 *История Второй мировой войны*. Т. 8, 9. – М. : Воен. изд-во М-ва обороны СССР, 1977.