

УДК 629.113

В.Ю. Шурыгин, Л.Н. Орлов, А.В. Тумасов, А.В. Герасин

**ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ СИДЕНЬЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева

В статье представлены результаты расчетных исследований пассажирского сиденья транспортного средства. Исследования выполнены в соответствии с требованиями Правил ЕЭКООН №14, №80. В ходе данной работы разработаны подробные конечно-элементные модели каркаса сиденья, проведена оценка его безопасности. Расчетные исследования выполнены в программном комплексе ABAQUS.

*Ключевые слова:* сиденье, прочность, безопасность, Правила ЕЭКООН.

**Введение**

Одним из важных требований при проектировании транспортного средства является обеспечение пассивной безопасности. Определенная роль, при этом, отводится разработке прочных каркасов пассажирских сидений [5–6]. Согласно существующим требованиям, каркас сиденья должен иметь соответствующую прочность и несущую способность по разрушающим нагрузкам. Конструкция сиденья должна выдерживать нагрузки, действующие на него в различных аварийных ситуациях. Поэтому важным является определение напряженно-деформированного состояния конструкции и оценка её соответствия требованиям нормативных документов, условиям соблюдения прочности и жесткости в заданных пределах. В данной работе представлены результаты моделирования каркаса сиденья на соответствие требованиям Правил ЕЭК ООН №14, 80 (ГОСТ Р 41.80-99, 41.14-2003).

Целью данного исследования является экспертная расчетная оценка безопасности каркаса пассажирского сиденья. В рамках данной работы были решены следующие задачи: анализ требований Правил ЕЭКООН [1–2], разработка конструкции каркаса сиденья, построение конечно-элементных моделей, проведение расчетного анализа, анализ результатов и выводы.

**Теоретическая часть**

По требованиям Правил №80[2] нагружение сиденья должно быть выполнено сзади, так, как схематично показано на рис. 1, а. При испытаниях нагрузка прикладывается при помощи цилиндрических поверхностей (нагрузочных батонов), к спинке в верхних и нижних местах. Усилия действуют в средней вертикальной плоскости, они должны быть горизонтальными и соответствовать направлению от задней к передней части сиденья. Нагружающие цилиндры должны иметь возможность поворачиваться в горизонтальной плоскости. Заданное усилие конструкция должна выдерживать в течение 0.2 с. По требованиям Правил № 14 [1] нагружение сидений должно быть выполнено спереди согласно схеме, представленной на рис. 1, б. При испытании на прочность приспособлений для крепления ремней безопасности к ним прикладывают растягивающие усилия через специальные натяжные устройства заданной формы, которые они должны выдержать в течение 0,2 с. Тянущее усилие должно действовать в направлении, соответствующем сидячему положению манекена, под углом  $10^{\circ} \pm 5^{\circ}$  выше горизонтали.

Для проведения расчетных исследований выбран современный программный комплекс ABAQUS, с помощью которого можно получать точные и достоверные результаты. ABAQUS позволяет решать линейные и нелинейные статические задачи, возможность задания контактного взаимодействия.

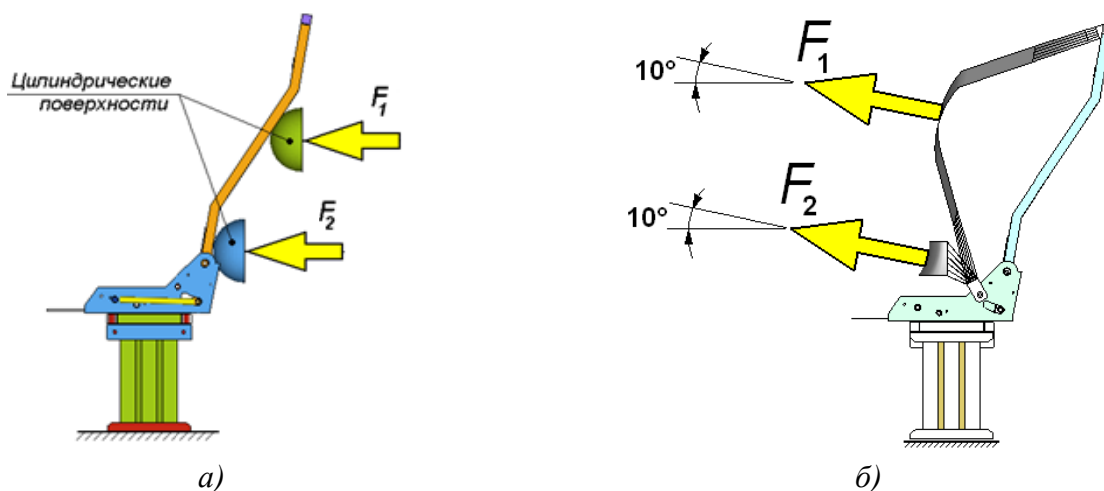


Рис. 1. Схема нагружения каркаса сиденья по требованиям Правил ЕЭКОН  
а – №80; б – №14

### Описание объекта исследования

Объектом исследования является каркас пассажирского сиденья. Основная труба каркаса сиденья состоит из трёх частей. Внутри трубы имеются усилители [3–4]. Каркас сиденья включает в себя 3 поперечины, из которых нижние играют роль крепления к полу автомобиля, а средняя для придания жесткости. Каркас сиденья крепится к полу с помощью специальных пластин, которые позволяют упростить собственно каркас сиденья и способствуют повышению его безопасности. Внешний вид исследуемой конструкции показан на рис. 2.

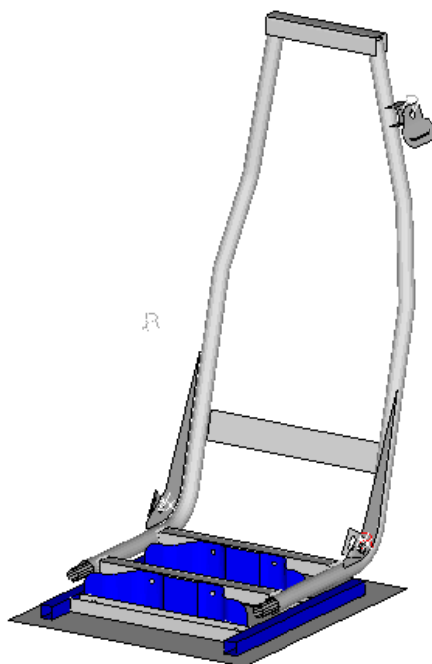
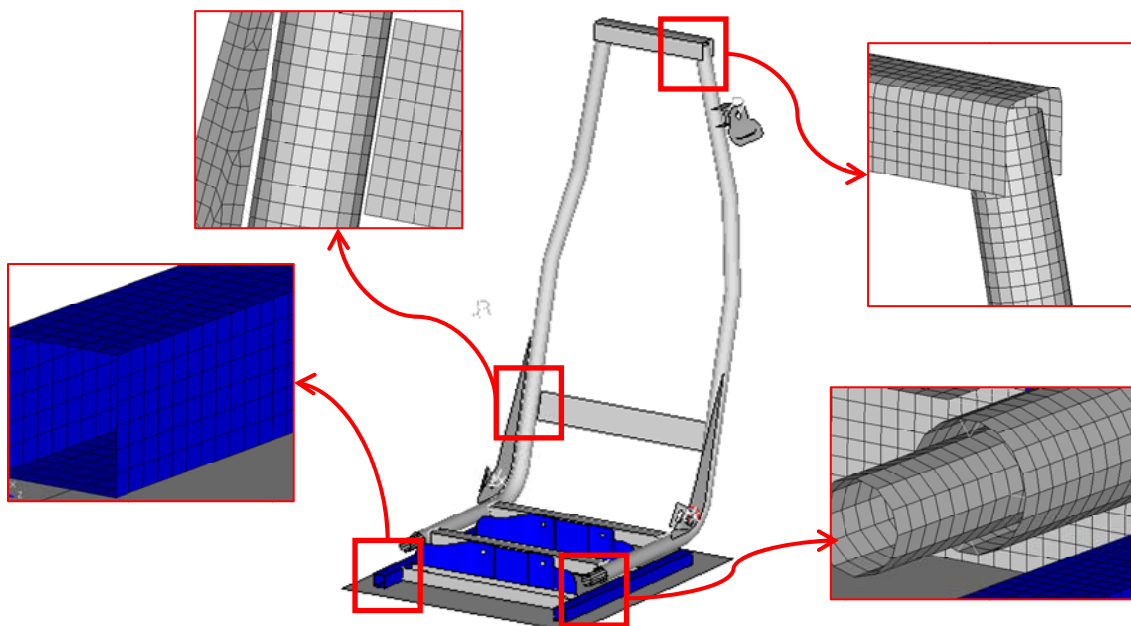


Рис. 2. Исследуемая модель сиденья

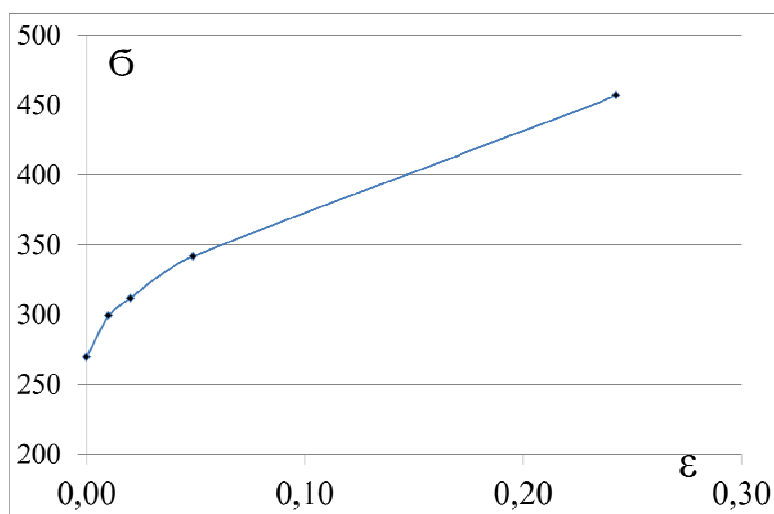
### Конечно-элементная модель

На основе геометрической модели каркаса сиденья [7][8], была создана подробная конечно-элементная модель (рис. 3), в которой каждый несущий элемент представлен в виде сетки конечных элементов с заданными свойствами (толщинами) и характеристиками материала. Она включает в себя 47210 узлов и 68350 элементов, средний размер которых составляет 5 мм.



**Рис. 3. Конечно-элементная модель**

Между всеми оболочечными элементами модели были заданы условия возможного контактного взаимодействия. Для всех упруго-пластических материалов задавалась диаграмма Прандтля, показанная на рис. 4.



**Рис. 4. Упруго-пластическая диаграмма Прандтля**

#### **Описание условий закрепления и нагружения**

Для имитации условий испытаний в соответствии с требованиями Правил ЕЖООН №14 используются верхние и нижние нагружающие блоки, представленные в виде жестких тел, воздействующих на гибкие ленты, имитирующие диагональные и поясные ветви ремней безопасности. Усилие от гибких лент передается на места крепления ремней безопасности через стальные тросы, представленные в виде стержневых элементов со сплошным круглым поперечным сечением с диаметром 1,5 мм. Величина прикладываемой нагрузки линейно возрастает в течение 0,1 с, после чего на протяжении 0,2 с нагрузка остается постоянной, затем за время 0,1 с происходит разгрузка модели.

Для имитации нагружения по требованиям Правил ЕЭКООН №80 используются нагружающие блоки, которые расположены сзади спинки сиденья. Блоки упираются в основную дугу сиденья и перемещаются горизонтально. Приложенную нагрузку каркас должен выдерживать в течение 0.2 с.

### Результаты расчета

На рис. 5 показаны результаты расчета каркаса сиденья по требованиям Правил ЕЭКООН №14.

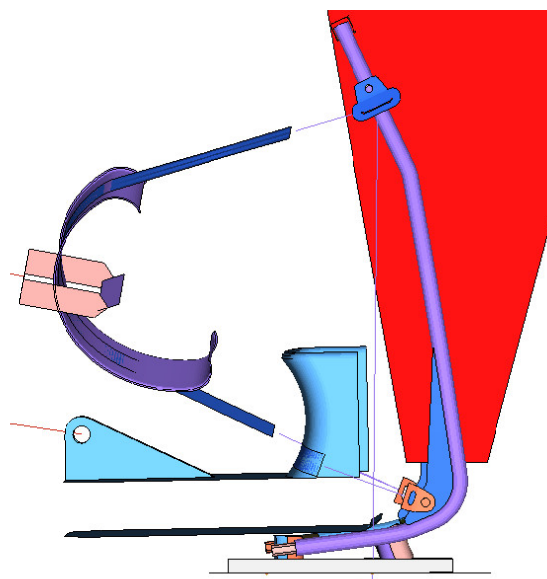


Рис. 5. Результаты расчета по требованиям Правил №14

Считается, что места крепления ремней безопасности выдержали испытания, если после приложения нагрузки не произошло разрыва или их повреждения. При этом верхняя точка эффективного крепления ремня безопасности не должна в ходе испытания смещаться вперед от поперечной плоскости, расположенной под наклоном  $10^\circ$  (на рис. 5 данная зона показана на заднем фоне в форме трапеции) по направлению вперед и проходящей через точку R сиденья.

На рис. 6 показаны результаты расчета деформаций по требованиям Правил ЕЭКООН №80.

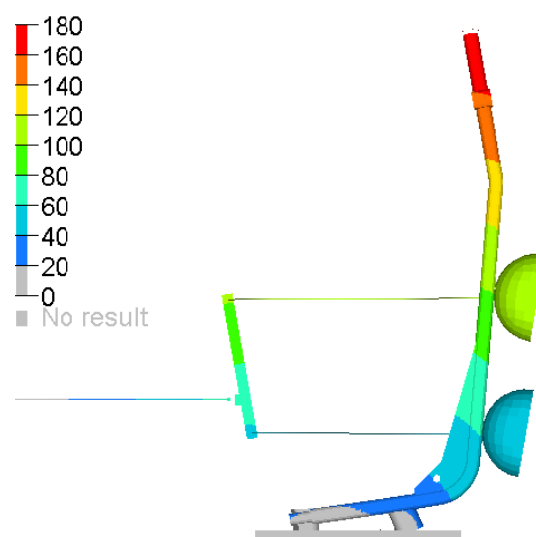


Рис. 6. Результаты расчета по требованиям Правил №80

Первое требование Дополнения 5 Правил ЕЭК ООН №80 считается выполненным, если максимальное смещение центральной точки приложения каждой из сил ( $F_1$  и  $F_2$ ), измеренное к горизонтальной плоскости и в средней продольной плоскости соответствующего места для сиденья, не превышает 400 мм.

Второе требование Дополнения 5 Правил ЕЭК ООН №80 считается выполненным, если соблюдается следующее: максимальное смещение центральной точки приложения силы  $F_1$  (верхний нагружающий блок), составляет не менее 100 мм, максимальное смещение центральной точки приложения силы  $F_2$  (нижний нагружающий блок), составляет не менее 50 мм.

Третье требование Дополнения 5 Правил ЕЭК ООН №80 считается выполненным, если во время испытания не происходит разъединения ни одного из элементов сиденья, креплений сиденья или дополнительного оборудования, в ходе всего испытания сиденье прочно удерживается на месте, даже если один или несколько элементов его креплений частично разъединяются, а все фиксирующие системы остаются заблокированными. После испытания ни один из элементов конструкции сиденья или дополнительного оборудования не имеет трещин, открытых изломов либо острых углов или ребер, способных причинить телесные повреждения.

### Выводы

В ходе данной работы была проведена оценка пассивной безопасности каркаса сиденья. Установлено, что разработанный каркас сиденья отвечает требованиям Правил ЕЭКООН №14 и №80. Испытания каркасов сидений наземных транспортных средств на пассивную безопасность являют собой довольно трудоёмкий и дорогостоящий процесс, поэтому применение расчетных методов исследований позволяет достаточно точно спрогнозировать поведение конструкции, а так же рассмотреть возможные варианты её изготовления. По результатам моделирования можно выделить параметры (толщина сечения основной трубы каркаса сиденья, физические параметры материалов, способ изготовления основной трубы каркаса и т.д.) которые влияют на безопасность каркаса сиденья. Полученные результаты исследования могут представлять определенный интерес у инженеров-конструкторов, занимающихся разработкой конструкций сидений.

### Библиографический список

1. **Правила ЕЭКООН №14** «Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении приспособлений для крепления ремней безопасности»
2. **Правила ЕЭКООН №80** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения сидений крупногабаритных пассажирских транспортных средств и официального утверждения этих транспортных средств в отношении прочности сидений и их креплений»
3. **Анурьев, В.И.** Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. Т. 1 / В.И. Анурьев; под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
4. **Иванов, М.Н.** Детали машин: учеб. для студентов высш. техн. учеб. заведений / М.Н. Иванов. – 5-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1991. – 383 с.
5. **Орлов, Л.Н.** Оценка пассивной безопасности, прочности кузовных конструкций автомобилей и автобусов: монография / Л.Н. Орлов; НГТУ. – Н. Новгород, 2005. – 230 с.
6. **Орлов, Л.Н.** Пассивная безопасность и прочность кузовов, кабин, автотранспортных средств. Методы расчета и оценки: учеб. пособие / Л.Н. Орлов; НГТУ. – Н. Новгород, 2005. – 230 с.
7. **Орлов, Л.Н.** Основы разработки конечно-элементных моделей кузовных конструкций автотранспортных средств. Расчеты на безопасность и прочность // Л.Н. Орлов, А.В. Тумасов, Е.В. Кочанов [и др.] / под ред. Л.Н. Орлова; Нижегород. гос. техн. ун-т. им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2009. – 153 с.

8. **Кочанов, Е.В.** Расчетно-экспериментальная оценка несущей способности пассажирского сиденья с ремнем безопасности / Е.В. Кочанов, С.А. Багичев, Е.А. Наумова // Грузовик. – 2015. – №12. – С. 2–4.

*Дата поступления  
в редакцию 20.03.2017*

**V. Y. Shurygin, L. N. Orlov, A. V. Tumasov, V. A. Gerasin**

### **SAFETY ASSESSMENT OF VEHICLE SEAT**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev

The article presents the results of computational studies the passenger seat of the vehicle. The studies were performed in accordance with the requirements of regulation UNECE No. 14, No. 80. In the course of this work developed a detailed finite element model of the seat frame, an assessment of its security. Computational studies performed using the software package ABAQUS.

*Key words:* seat, strength, safety, Rules UNECE.