

**Овсянников Сергей Владимирович**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКОГО  
СИДЕНЬЯ АВТОБУСА**

Специальность 05.05.03 - «Колесные и гусеничные машины»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Работа выполнена на кафедре "Автомобили и металлообрабатывающее оборудование" ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

Научный руководитель: **Умняшкин Владимир Алексеевич**  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Автомобили и  
металлообрабатывающее оборудование»  
ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный  
технический университет имени  
М.Т. Калашникова», г. Ижевск

Официальные оппоненты: **Кравец Владислав Николаевич**  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Автомобили и  
тракторы» ФГБОУ ВПО «Нижегородский  
государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева», г. Н.Новгород

**Соломатин Николай Сергеевич**  
кандидат технических наук, доцент,  
руководитель проекта «безопасный  
автомобиль» ОАО «АВТОВАЗ»,  
г. Тольятти

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Курганский государственный  
университет», г. Курган

Защита состоится «17» июня 2016 года в 16:00 на заседании диссертационного совета Д 212.081.31 при ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по адресу: 423810, Татарстан, г.Набережные Челны, пр. Мира, 13А, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Отзывы на автореферат направлять по адресу: 423810, Татарстан, г.Набережные Челны, пр. Мира, 68/19, диссертационный совет Д 212.081.31.

Автореферат разослан « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
Д 212.081.31

кандидат технических наук, доцент  
Мавлеев Ильдус Рифович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертационная работа посвящена разработке методики и алгоритмов проектирования пассажирских сидений автобусов. Суть работы в исследовании существующих методов проектирования промышленных изделий относительно современных пассажирских сидений, а также в разработке методики проектирования таких сидений с применением современных компьютерных технологий с учетом назначения автотранспорта и условий перевозки пассажиров.

**Актуальность работы.** С момента начала проектирования первых образцов общественного транспорта и до сегодняшних дней одной из главных задач разработчиков является решение проблемы создания и размещение в салоне сидячих мест для пассажиров. Научно-технический прогресс в области разработки новых материалов и технологий, а также методик проектирования привел к тому, что простейшая конструкция пассажирского сиденья (в первоначальном варианте – жесткая деревянная рама с опорными поверхностями, или деревянная скамья) к сегодняшнему дню трансформировалась в сложное многофункциональное изделие с множеством деталей и узлов, базой для размещения которых является монтажный каркас. Конструкция современного пассажирского сиденья – сложная комбинация взаимосвязанных элементов различного функционального назначения. Это определяет высокий уровень сложности процесса проектирования и необходимость выработки строгого методологического подхода к организации проектной деятельности для удовлетворения на сегодняшний день значительно набора эксплуатационных требований. В реалиях современного рынка отсутствие стройной логически выверенной методики проектирования пассажирских сидений, с учетом большого разнообразия транспортных средств различного назначения и условий эксплуатации, зачастую приводит к разработке изначально конструктивно избыточного, либо недостаточного, количества составляющих сиденья элементов от необходимого функционала. В сумме все это и определяет актуальность проводимого исследования.

**Цель работы:** повышение эксплуатационных характеристик пассажирских сидений автобусов различного назначения, таких как надежность, долговечность, ремонтпригодность.

### **Задачи исследования:**

1. Проанализировать состояние вопроса проектирования пассажирских сидений транспортных средств, предназначенных для общественных перевозок.
2. Разработать общую методику проектирования пассажирских сидений и их элементов в соответствии со спецификой условий эксплуатации.
3. Выработать комплекс рекомендации по формированию художественно-конструктивного решения пассажирского сиденья.
4. Провести комплекс инженерных расчетных исследований.
5. Провести комплекс экспериментальных исследований по апробации разработанных методики и рекомендаций.

### **Научная новизна работы:**

1. Разработан алгоритм проектирования пассажирского сиденья автобуса.
2. Разработана комплексная методика проектирования пассажирских сидений автобусов в соответствии со спецификой условий эксплуатации.
3. Адаптирована распределительная двухиндексная задача линейного программирования применительно к процедуре формирования конструктивных схем пассажирских сидений.
4. Разработана серия конструктивных схем пассажирского сиденья в соответствии с назначением и условиями эксплуатации автобусов различных типов.
5. Найден ряд научно-обоснованных технических решений при проектировании пассажирских сидений автобусов.

### **Практическая ценность работы:**

1. Разработанная методика позволит повысить эффективность проектирования пассажирских сидений автобусов, учитывая их назначения и условия эксплуатации.
2. Предлагаемые средства проектирования позволят уменьшить трудоемкость данного процесса, а, следовательно, снизить затраты на разработку и последующие работы по доработке конструкции.

**Объект исследования.** Пассажирские сиденья автобусов различного назначения.

**Предмет исследования.** Методика проектирования пассажирского сиденья автобуса.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Конструктивные схемы пассажирского сиденья в соответствии с назначением и условиями эксплуатации автобусов различных типов.
2. Алгоритм и методика проектирования пассажирских сиденья автобусов.
3. Результаты инженерных расчетных и экспериментальных исследований по апробации разработанных методики и рекомендаций.

**Апробация работы.** Основные положения и выводы диссертационного исследования докладывались и обсуждались на:

Научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых «Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке» (г. Ижевск, 2011 г.), на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные научные исследования в дорожном и строительном производстве» (г. Пермь, 2011 г.), на V Международной конференции «Технические университеты: интеграция с мировыми системами образования» (г. Ижевск, 2012 г.), на Всероссийской научно-практической конференции «Машиностроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства» (г. Ижевск, 2012г.), на 13-й Международной конференции «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2013)» (г. Москва, 2013г.), на Международной научно-практической конференции «Тенденции формирования науки нового

времени» (г. Уфа, 2013г.), на Научно-практической конференции «Стратегия и тактика дизайна. (Новый формат сотрудничества в целях осуществления государственного стандарта третьего поколения)» (г. Москва, 2014г.), на Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития науки» (г. Уфа, 2014г.), на VI Международной конференции «Технические университеты: интеграция с мировыми системами образования» (г. Ижевск, 2014 г.), на Всероссийской научно-практической конференции «Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства» (г. Ижевск, 2014 г.).

**Личный вклад соискателя.** Все главы диссертации написаны автором работы. Автору также принадлежат исследовательская часть и обработка результатов экспериментов, разработка методики проектирования пассажирского сиденья с учетом назначения и условий эксплуатации автобусов.

**Публикации.** По теме работы опубликованы 13 научно-технических статей, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 патент на полезную модель, а так же 10 статей в материалах Международных, Всероссийских и Республиканских конференций.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, результатов и выводов, изложена на 156 страницах текста, содержит 86 рисунков, 14 таблиц, 2 приложения и список использованных источников, включающий 144 наименования.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность работы.

**В первой главе** описано современное состояние вопросов проектирования пассажирских сидений автобусов. Изложены основные подходы и методы при разработке сложных промышленных изделий, к которым относятся средства транспорта, с позиций решения общих конструкторских задач, обеспечения надежности и безопасности, эргономической проработки изделия, формирования художественно-эстетического облика.

Ведущие отечественные ученые, внесшие большой вклад в развитие подходов к проектированию сложных промышленных изделий и средств транспорта в частности: М.А. Андронов, С.В. Бахмутов, С.А. Васин, Д.П. Великанов, В.Н. Воронов, Е.В. Горынин, В.Г. Дажина, В.И. Даниляк, Ю.А. Долматовский, В.А. Зернов, С.Н. Зыков, А.М. Иванов, А.А. Коновалов, О.Г. Котиев, В.Н. Кравец, Г.В. Крюков, Е. Н. Лазарев, А.С. Литвинов, В.М., Мунипов, Ю.В. Назаров, А.Л. Орлов, П.И. Орлов, В.Ф. Родионов, М.В. Сероштан, Н.С., Соломатин, И.С. Степанов, В.А. Умняшкин, М.В. Федоров, Н.М. Филькин, Б. М. Фиттерман, Л.Б. Чернов, В.М. Шарипов, Б. Н. Шарыпов, А.В. Шатилов, Е.Н. Шемшурина, И.П. Шпара, П.Е. Шпара, В.К. Штробель, В.А. Щетина и др.

Созданию методической и элементной базы разработки средств транспорта и их элементов посвящены работы зарубежных ученых, таких как: Т. Ваа, Дж. Вонг,

Р. Галлагер, Т. Гаррет, Дж. К. Джонс, И. Иоханнес, Ле Корбузье, Г. Фрилинг, Р. Элвик и др.

По итогам анализа работ в сфере создания промышленных изделий, средств транспорта и их элементов можно сделать вывод о наличии мощной методической базы для разработки и дизайна сложных технических объектов. Наибольшее распространение получила область проектирования сидений для водителей легковых автомобилей. Пассажирское сиденье автобуса, как объект промышленного проектирования, изучен мало, хотя обладает существенными конструктивными отличиями от водительских сидений, а так же от пассажирских сидений легковых автомобилей. Несмотря на это, существующий методический базис проектирования промышленных изделий позволяет разработать методику проектирования пассажирских сидений.

Анализ проведенных ранее работ позволил сформулировать и обосновать задачи исследования, позволяющие достичь поставленной цели диссертационной работы.

**Во второй главе** проведен анализ условий эксплуатации автобусов, используемых для перевозки пассажиров, результатом которого стало представление классификации пассажирских сидений в зависимости от назначения автобусов.

Классификация сидений по назначению:

- для вахтовых автобусов и автобусов вездеходов
- для грузопассажирских автобусов
- для городских автобусов
- для перронных автобусов
- для пригородных автобусов
- для челночных автобусов
- для междугородних автобусов
- для экскурсионных автобусов
- для туристических автобусов

Структурно пассажирское сиденье представляет собой сложную систему связанных между собой конструктивных элементов, каждый из которых является отдельным самостоятельным изделием, интегрируемым в единую конструкцию. В общем случае с позиции перечисления основных конструктивных элементов пассажирского сиденья можно выделить следующие элементы: каркас основания (с предусмотренными в нем точками крепления остальных частей конструкции), элементы обеспечивающие безопасность (подлокотники, подголовник, ремни безопасности и т.д.), а также механизмы регулировок и настроек опорных поверхностей.

Анализ показывает, что существуют различные наборы конструктивных элементов, входящих в состав пассажирского сиденья автобуса, которые в значительной степени зависят от условий эксплуатации сиденья и назначения автобуса.

Самую простую структурную конструкционную схему с минимальным набором элементов имеют сиденья, устанавливаемые на **автобусы-вездеходы** (рис. 1) , **вахтовые** автобусы (рис. 2) и **грузопассажирские** автобусы (рис. 3).

Основная задача таких сидений – максимальная простота конструкции при обеспечении необходимой функциональности с незначительными требованиями по внешним эстетическим характеристикам.



Рисунок 2 – Структурная схема сиденья вахтового автобуса.

на следующих требованиях: простота установки сидений в автобусе, оптимизации формирования жизненного пространства пассажирского салона, уменьшение массы и стоимости изготовления каждого сиденья и автобуса в целом, обеспечение необходимых эстетических характеристик.

Схема сидений для **пригородных автобусов** обычно подобна сиденьям городских автобусов, но в дополнение оснащается ремнями безопасности и мягкими накладками на опорные поверхности (рис. 5).



Рисунок 4 – Структурная схема сиденья городского автобуса.

В большинстве случаев такие сиденья выполняются с интегрированными подголовниками.

**Междугородные, экскурсионные и туристические автобусы** предназначены для длительных поездок, поэтому специфика их дизайна предполагает более сложную геометрию посадочных поверхностей, и, соответственно, более сложную конструктивную схему (рис. 7).



Рисунок 6 – Структурная схема сиденья челночного автобуса.



Рисунок 1 – Структурная схема сиденья автобуса-вездехода.

Пассажирские сиденья для **городских автобусов** (рис. 4) имеют более сложную структурную схему, по сравнению со схемами описанными выше. Такая конструкционная схема, а также особенности дизайна основаны



Рисунок 3 – Структурная схема сиденья грузопассажирского автобуса.

Схема сидений **челночных автобусов** (рис. 6) основывается на применении жесткого нерегулируемого металлического каркаса с возможностью установки ремней безопасности и мягких накладок.



Рисунок 5 – Структурная схема сиденья пригородного автобуса.



Рисунок 7 – Структурная схема сиденья междугородного, туристического и экскурсионного автобуса.

Такие сиденья должны удовлетворять целому ряду потребительских требований: соответствовать требованиям эргономики; иметь качественную ткань обивки, регулятор наклона спинки, подголовники и подлокотники, ремни безопасности, встраиваемые откидные столики и другие дополнительные элементы.

В итоге проведенный анализ позволяет сформировать обобщенную структурную схему пассажирского сиденья автобуса (рис. 8), которая наряду с представленным в работе эргономическим обоснованием формирования геометрии посадочных поверхностей и расположения элементов сиденья, а так же с особенностью применения материалов выступает базой комплексной методики проектирования сидений автобусов различного назначения.

Из вышесказанного видно, что от назначения автобуса и условий эксплуатации в значительной степени зависит: набор конструктивных элементов; тип, качество и ценовая категория используемых материалов; сложность конструкции каркаса и соответственно стоимость пассажирского сиденья в целом.

**В третьей главе** описана разработанная методика проектирования пассажирского сиденья автобуса, одним из элементов которой является непосредственно алгоритм проектирования, представленный на рисунке 9.

Проектирование пассажирского сиденья начинается с получения от заказчика задания на проектирование, в котором подробно описывается назначение и условия эксплуатации будущего сиденья.

На основании предоставленных данных происходит формирование требований к будущему сиденью в результате параллельного решения формализованных и неформализованных задач, а так же задач связанных с техническим заданием.

Решение задачи оптимизации процесса проектирования является одним из важнейших этапов, как при разработке новых конструктивных решений, так и при модернизации существующих пассажирских сидений автобусов. В данном случае актуальной представляется структурная оптимизация процесса формирования конструктивной схемы пассажирского сиденья. Для обработки статистических данных, полученных в результате экспертного опроса, определяющих «важность» применения конструктивного элемента исходя из общей структурной схемы рассмотренной выше, целесообразно воспользоваться методами математического моделирования.

*Исходные параметры модели:*

1.  $n$ - количество конструктивных элементов,
2.  $m$ – количество установочных мест.
3.  $a_i=1$ – единичное количество конструктивного элемента  $A_i(i=n)$ .



Рисунок 8 – Общая структурная схема пассажирского сиденья автобуса.

4.  $b_j=1$  – единичное количество установочного места  $V_j(j=m)$ .
5.  $c_{ij}$  – экспертная оценка целесообразности использования установочного места  $V_j$  для установки на него конструктивного элемента  $A_i$ .

*Искомые параметры*

1.  $x_{ij}$  – факт назначения или неназначения конструктивного элемента  $A_i$  на установочное место  $V_j$ :

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{если } i - \text{й элемент не назначен на } j - \text{ое место,} \\ 1, & \text{если } i - \text{й элемент назначен на } j - \text{ое место.} \end{cases}$$

2.  $L(X)$  – общая (суммарная) характеристика качества распределения элементов по местам.

*Общий вид модели*

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 (i = \overline{1,24}), \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 (j = \overline{1,24}), \\ x_{ij} = \begin{cases} 0, & (i = \overline{1,24}; j = \overline{1,24}). \\ 1, & \end{cases} \end{cases}$$

$$L(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

Данные результатов экспертного опроса фиксируются в виде таблицы 3 для формирования необходимой для решения модели транспортной матрицы.

По итогам структурной оптимизации определяется итоговая комплектация основной конструкции и дополнительного оборудования. Результатами решения формализованных задач выступают схемы эргономической проработки посадочных поверхностей, а решения неформализованных задач – формирование стиля и цветофактурного решения.

Сформированный набор требований, комплектация, стилевое решение позволяют перейти к инженерно-конструкторской проработке самого сиденья. На этом этапе создается эскизная трехмерная компоновка и проводится её разносторонний инженерный анализ. Результаты анализа обуславливают необходимость доработки конструкции и стиля с последующим формированием финальной сборки, на основании которой изготавливается опытный образец.

Проведение комплекса натурных испытаний является неотъемлемой частью процесса проектирования пассажирского сиденья.

**В четвертой главе** приводится пример применения разработанной методики при проектировании пассажирского сиденья для экскурсионного автобуса малого класса. Процесс проектирования данного сиденья, разработанного по заказу ООО «СИБЕКО» и выполненного на базе ООО «Инженерный центр «i-ДИЗАЙН», наиболее полно отражает разработанную методику.

На основании исходных данных на проектирование, предоставленных заказчиком инициирован процесс формирования требований, что обуславливает параллельное решение формализованных, неформализованных задач, структурной оптимизации конструктивной схемы и формирование технического задания.

По результатам экспертного опроса и решения математической модели конструктивная схема (рис. 10) разрабатываемого пассажирского сиденья экскурсионного автобуса по заказу ООО «СИБЕКО» должна включать в себя:

- жесткое пластиковое основание с упругим вспененным наполнителем;
- предусматривать наличие нерегулируемого интегрированного подголовника и складного подъемного подлокотника;
- дополнительный поручень должен быть расположен на задней поверхности сиденья;
- механизм регулировки спинки механический с пневматическим упором. В связи с тем, что экскурсионные автобусы малого класса не предполагается использовать для перевозки пассажиров на большие расстояния, механизм регулирования подъема подушки отсутствует, что так же положительно сказывается на общей сложности конструкции;
- дополнительный столик на задней поверхности сиденья
- предусматривать наличие двух и трехточечного ремня.

Таблица 3 – Транспортная матрица конструктивной схемы пассажирского сиденья

Элементы, A <sub>i</sub>	Места, B <sub>j</sub>																				Количество элементов				
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>		B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>									
A <sub>1</sub>	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>2</sub>	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>3</sub>	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>4</sub>	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>5</sub>	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>6</sub>	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>7</sub>	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>8</sub>	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>9</sub>	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>10</sub>	1	1	8	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>11</sub>	1	1	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>12</sub>	1	1	9	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>13</sub>	1	1	7	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>14</sub>	1	1	5	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>15</sub>	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>16</sub>	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>17</sub>	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>18</sub>	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>19</sub>	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>20</sub>	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>21</sub>	1	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>22</sub>	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>23</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A <sub>24</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Количество мест	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$

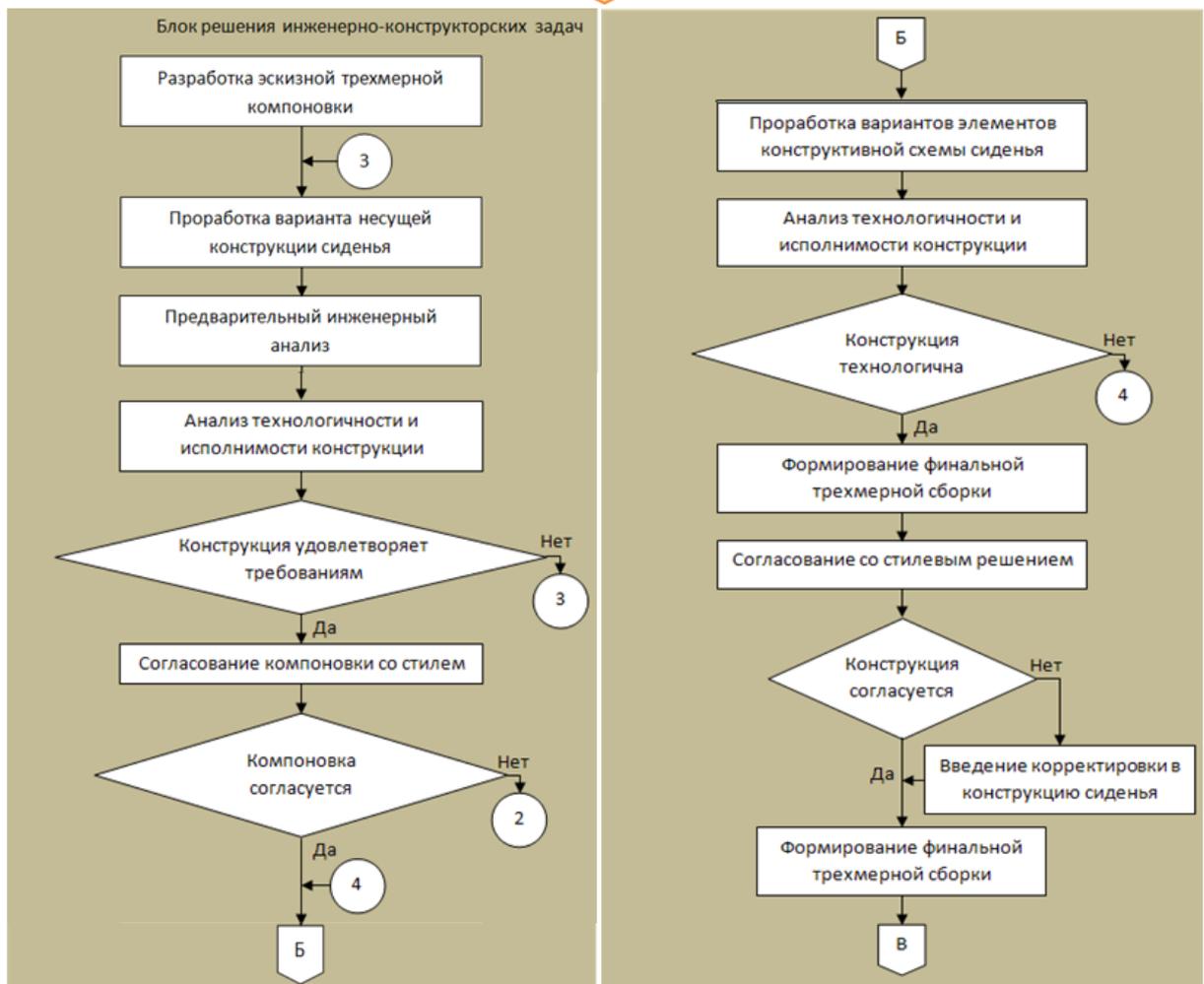
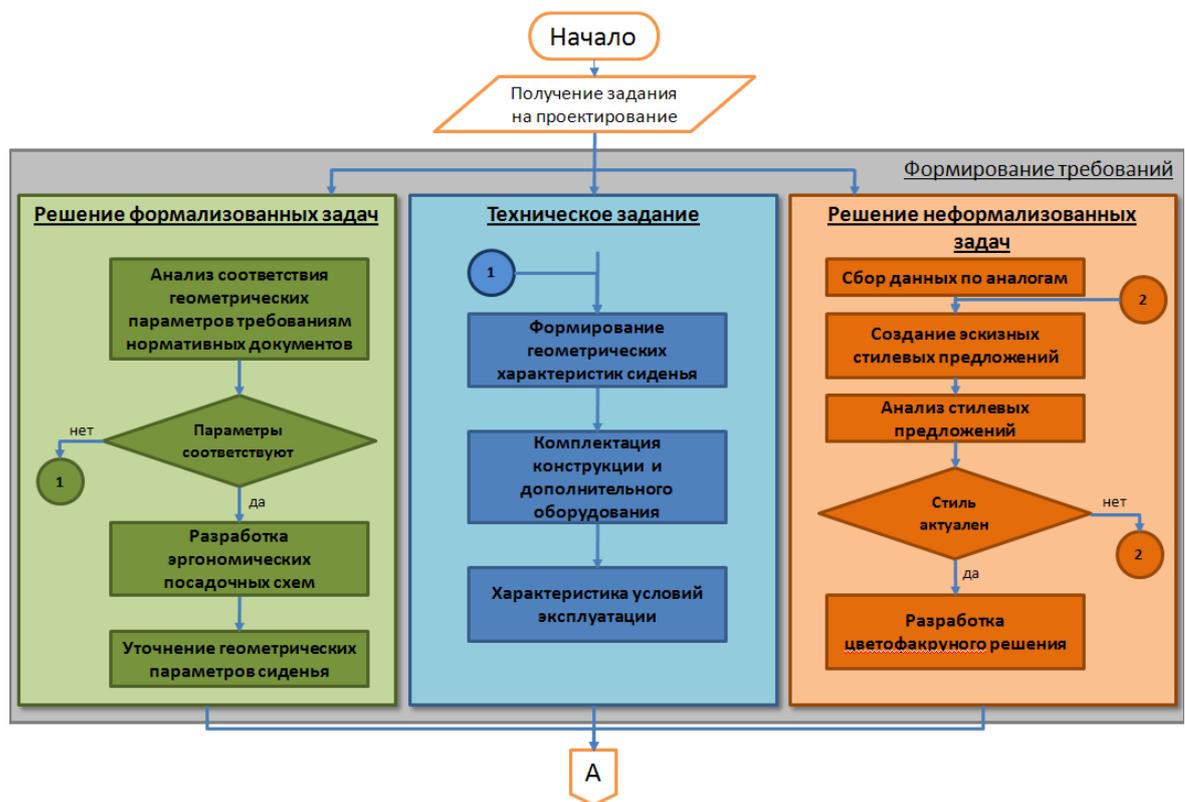


Рисунок 9 – Укрупненный алгоритм проектирования пассажирского сиденья автобуса.

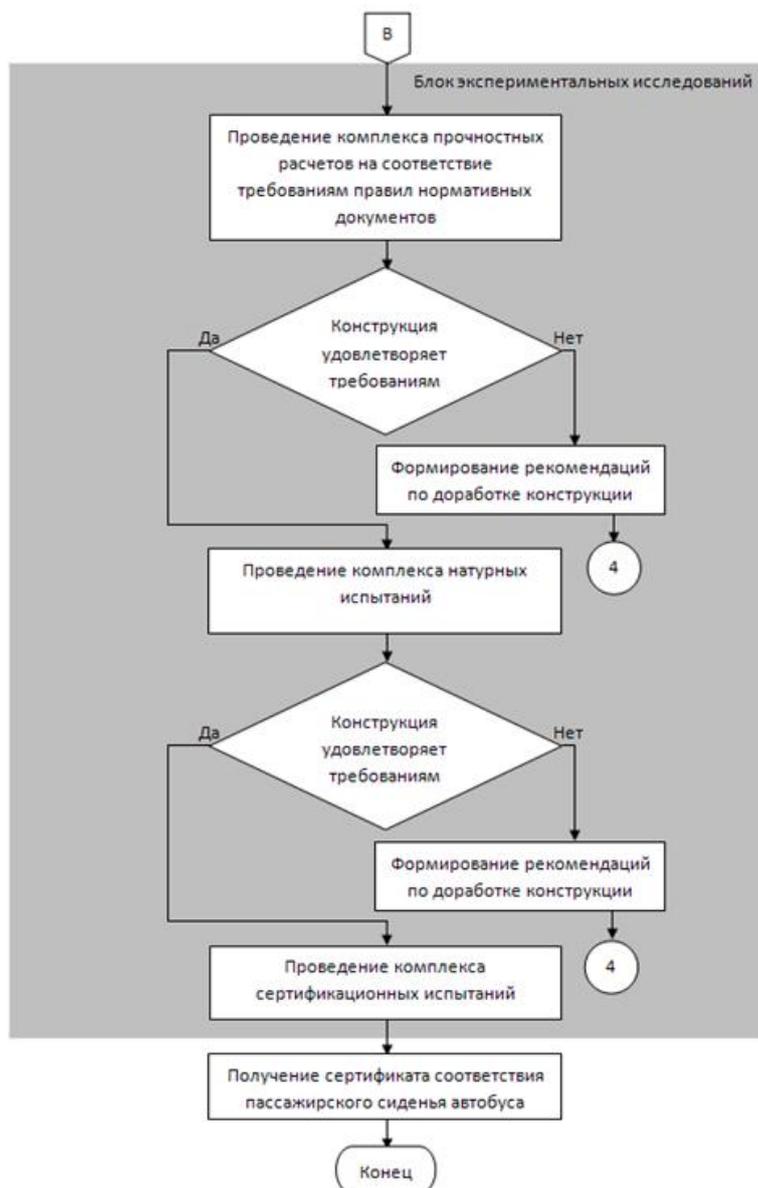


Рисунок 9 – Продолжение.

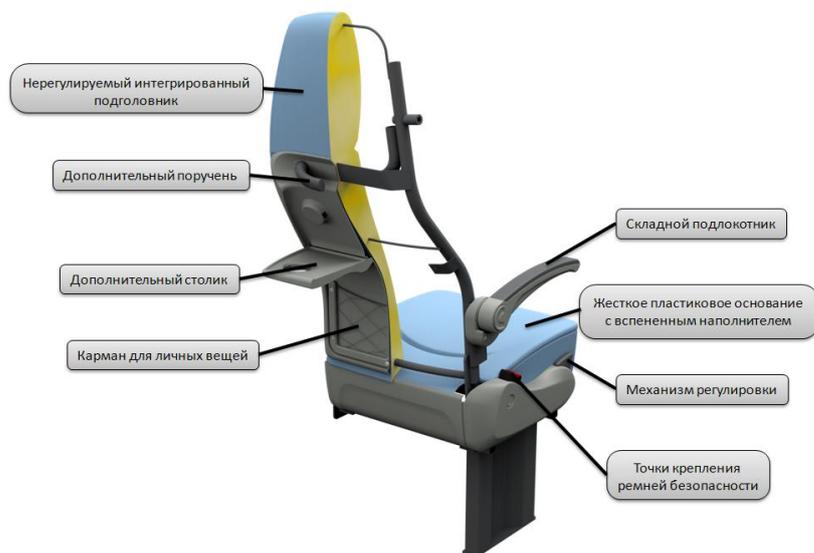


Рисунок 10 - Структура пассажирского сиденья для экскурсионного автобуса по заказу ООО «Сибекко».

Результатом решения формализованных задач стала эргономическая проработка и получение геометрии посадочных поверхностей и пространственно-геометрических ограничений. Наиболее информативно результаты эргономической проработки отображают рисунки 11 и 12, на которых отчетливо видна геометрия основных поверхностей будущего сиденья, а также взаимосвязь пространственного расположения человеческого манекена 50-го перцентиля и пространственно-геометрических характеристик самого сиденья.

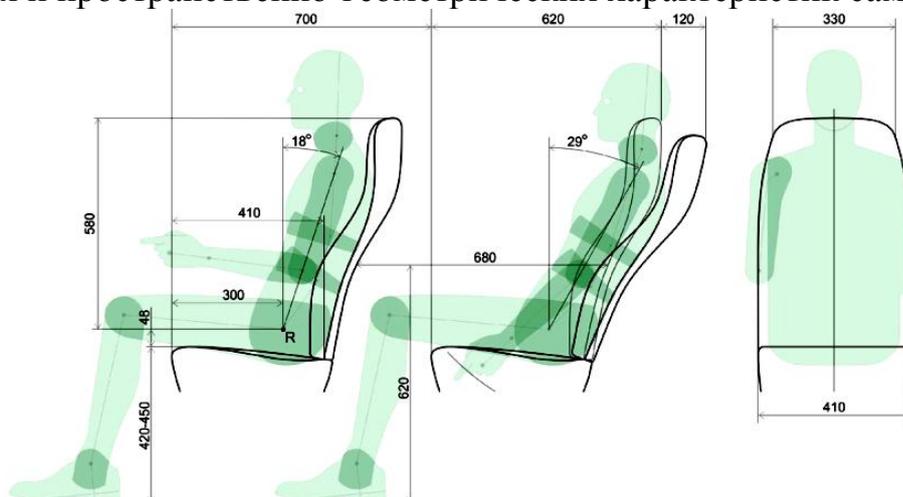


Рисунок 11 – Основные эргономические параметры сиденья (манекен 50-го перцентиля).

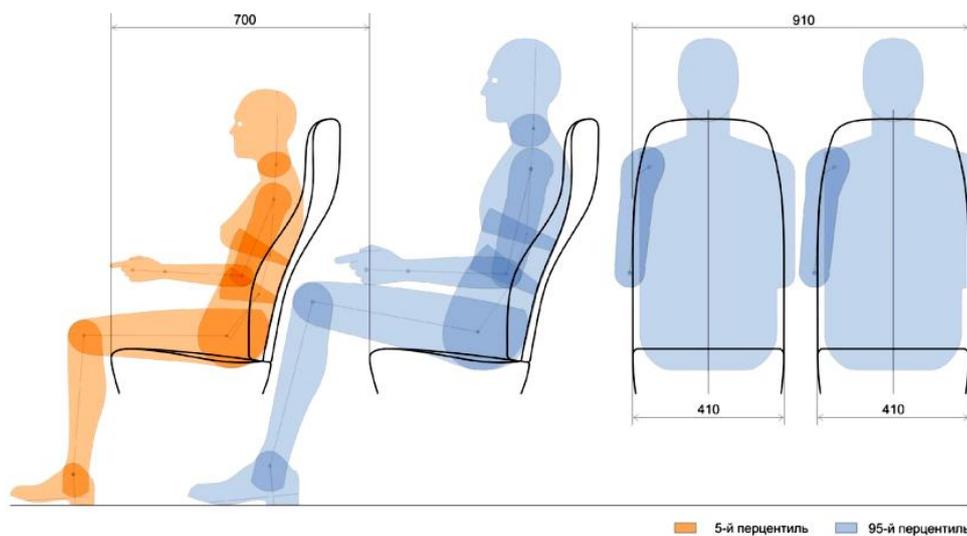


Рисунок 12 – Размещение пассажиров разных уровней репрезентативности.

Вариант стилового предложения, представленного на рисунке 13, по итогам решения неформализованных задач имеет наиболее актуальный вид, для применения в качестве пассажирского сиденья экскурсионного автобуса малого класса. Форма сиденья выглядит основательно проработанной с ярко выраженными подголовником и боковыми упорами для поддержки спины, что повышает чувство комфорта и безопасности при движении.



Рисунок 13 – Стилевое решение.

Разработка нового пассажирского сиденья автобуса неотрывно связана с необходимостью проведения инженерных и прочностных расчетов.

Еще на этапе формирования эскизной трехмерной компоновки необходимо определить общую прочность и работоспособность конструкции (рис. 14).

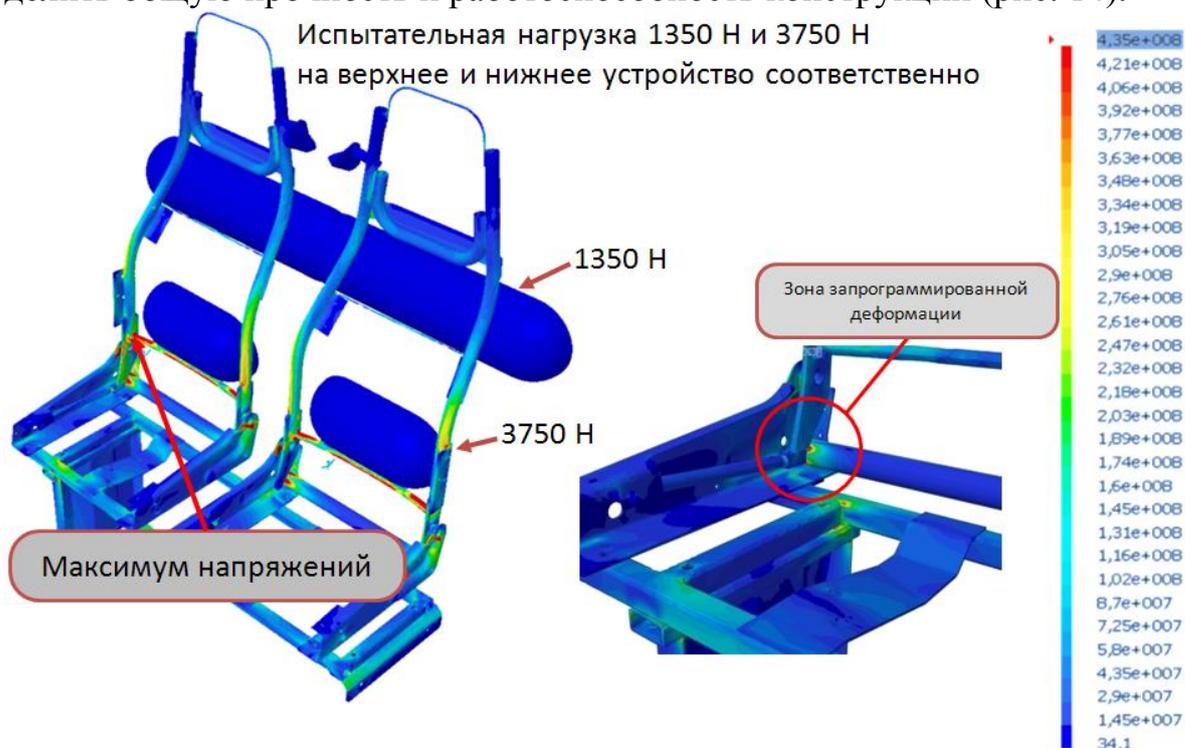


Рисунок 14 – Общая диаграмма распределения напряжений при компьютерном испытании эскизной компоновки сиденья экскурсионного автобуса по заказу ООО «Сибeko».

Проведение натурных испытаний подтвердило адекватность проводимых расчетов

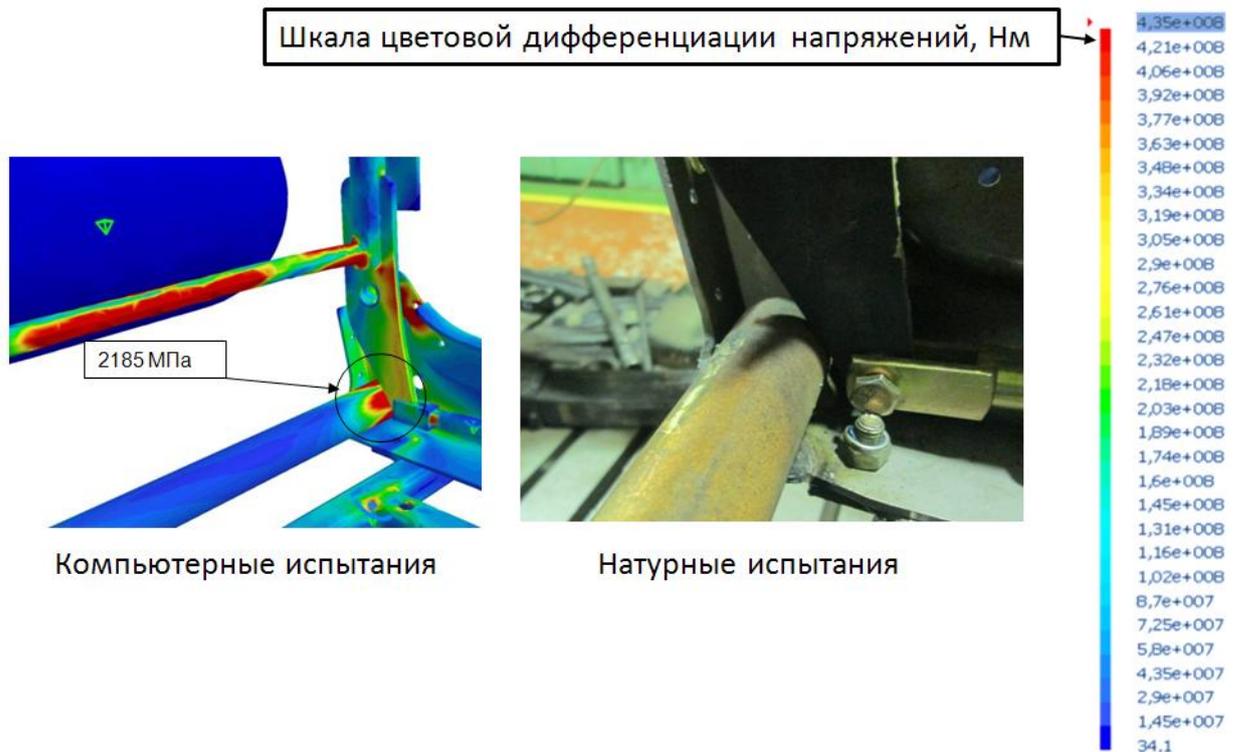


Рисунок 15 - Напряжения в зоне запрограммированной деформации и состояние зоны запрограммированной деформации в процессе натуральных испытаний.

На этапе формирования финальной сборки появляется необходимость проведения поузловых прочностных расчетов (рис. 16, рис. 17).

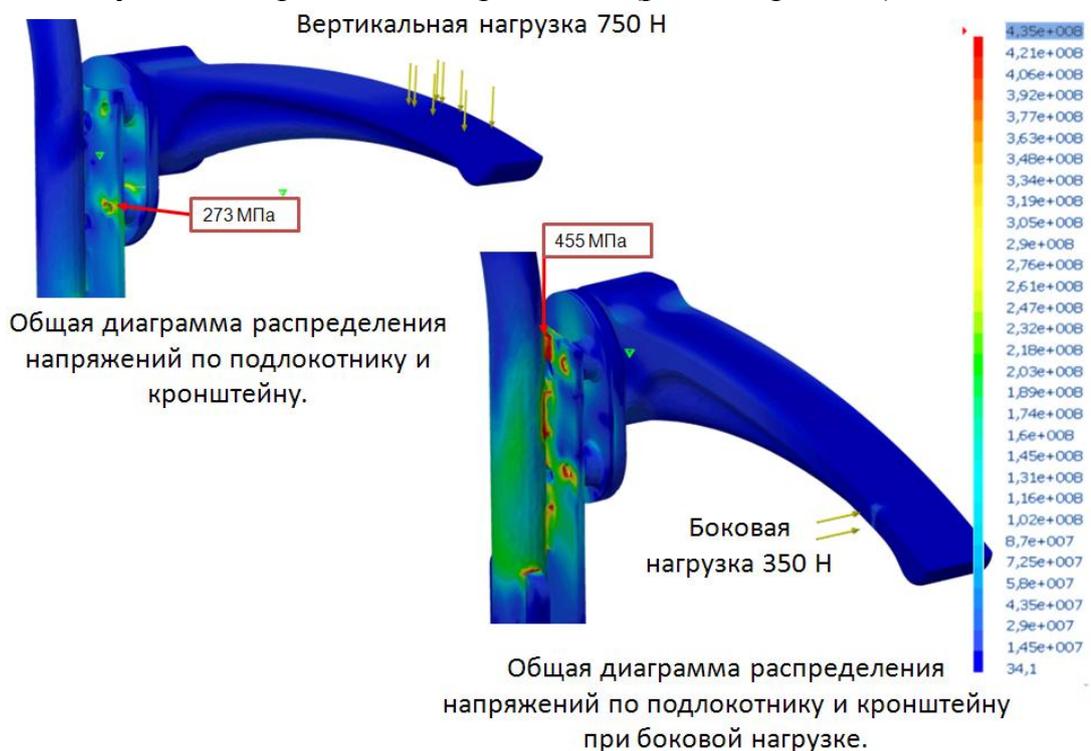


Рисунок 16 – Диаграмма напряжений в зоне установки подлокотников.

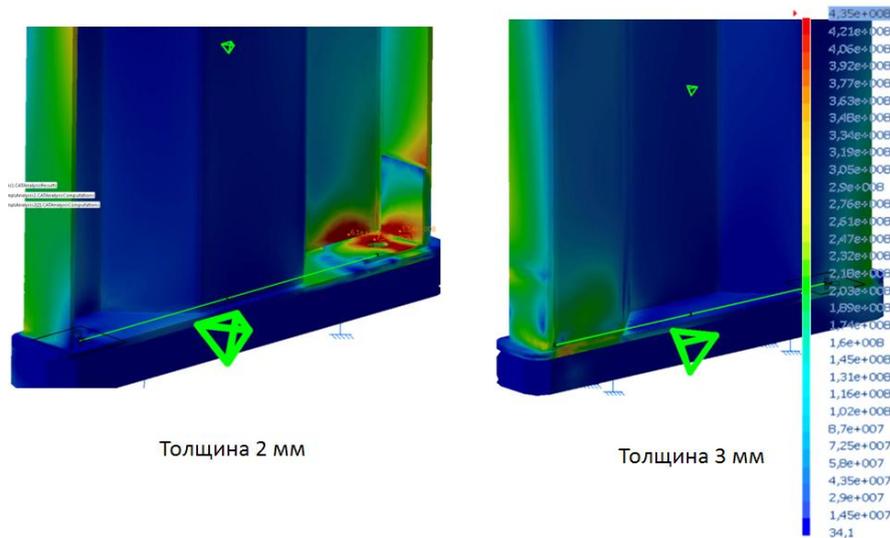


Рисунок 17 – Диаграмма напряжений в зоне крепления ножи.

Результаты узловых расчетов позволяют скорректировать геометрические параметры входящих элементов до их изготовления. Так, например, применение ножи толщиной 3 мм вместо 2х мм приводит к снижению и локализации максимальных напряжений на внутренних поверхностях деталей и к существенному снижению общих напряжений всей конструкции.

Проведение натурных сертификационных испытаний пассажирских сидений автобуса являются неотъемлемой частью процесса проектирования.

Схема проведения и результаты испытаний в отношении прочности точек крепления ремней безопасности представлены на рисунках 18 и 19.

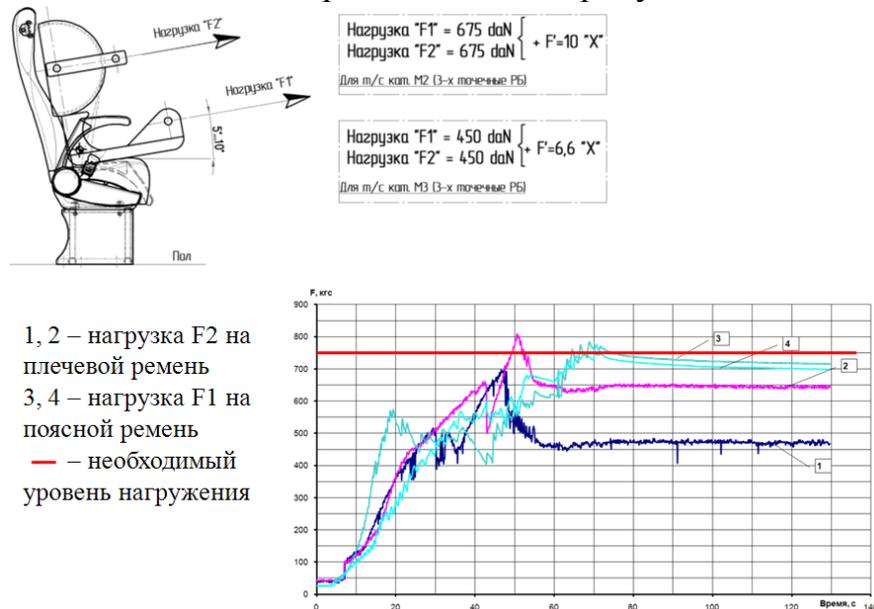


Рисунок 18 - Схема проведения и результаты испытаний (Правила ЕЭК ООН №14).

В ходе проведения испытаний получены следующие результаты: на поясной ремень нагрузка  $770 \pm 20$  кг приложена полностью; на диагональный ремень нагрузка  $770 \pm 20$  кг так же приложена полностью; перемещение верхних точек крепления ремней безопасности в допустимых пределах. Наибольшая деформация наблюдается в месте соединения боковых кронштейнов рамы с концевыми кронштейнами спинки. Деформации стойки (ножки) и несущей рамы не выявлено.

Деформация каркаса спинки присутствует, но небольшая, точно оценить ее сложно.



Общий вид силового каркаса после испытаний



Вид сверху на силовой каркас после испытаний



Прогиб общей рамы после испытаний



Деформация крепежных кронштейнов

Рисунок 19 – Фотографии силового каркаса после испытаний.

На сиденье была приложена 100% нагрузка сиденье соответствует требованиям правил ЕЭК ООН №14 категории транспортных средств М2.

Схема проведения и результаты испытаний в отношении общей прочности пассажирского сиденья представлены на рисунках 20 и 21.

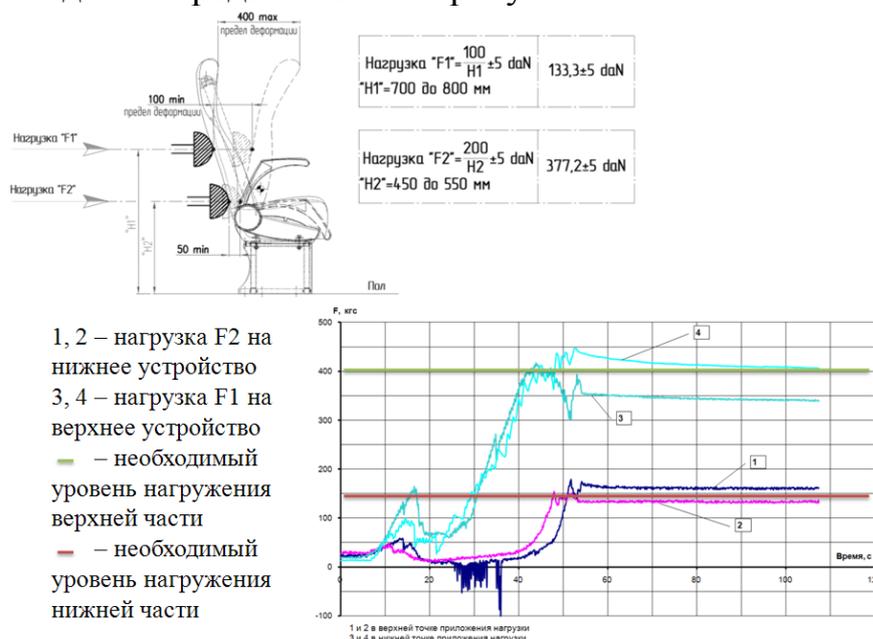


Рисунок 20 - Схема проведения и результаты испытаний (Правила ЕЭК ООН №80).

Испытания в отношении общей прочности показали перемещение нижней контрольной точки спинки левого сиденья 120 мм (должно быть не менее 50 мм); перемещение верхней контрольной точки спинки левого сиденья 260 мм

(требование 100-400 мм); перемещение нижней контрольной точки спинки правого сиденья 130 мм; перемещение верхней контрольной точки спинки правого сиденья 280 мм. Разъединение газового упора с кронштейном спинки произошло на нагрузке порядка 100 кг, что позволило обеспечить требуемое перемещение спинки сиденья.



Крепление испытательного устройства

Состояние зоны запрограммированной деформации

Рисунок 19 – Фотографии элементов сидений после испытаний.

На сиденье была приложена 100% нагрузка, перемещение контрольных точек сиденья находится в требуемых пределах согласно Правил ЕЭК ООН №80 категории транспортных средств М2.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Наиболее значимые научные и практические результаты диссертационной работы сосредоточены в следующем:

1. Разработан алгоритм проектирования пассажирского сиденья автобуса.
2. Разработана комплексная методика проектирования пассажирских сидений автобусов в соответствии со спецификой условий эксплуатации.
3. Разработана серия конструктивных схем пассажирского сиденья в соответствии с назначением и условиями эксплуатации автобусов различных типов.
4. Адаптирована распределительная двух индексная задача линейного программирования относительно к процедуре формирования конструктивных схем пассажирских сидений;
5. Определены научно-обоснованные геометрические характеристики пассажирского сиденья экскурсионного автобуса по заказу ООО «Сибeko»: ширина – 410 мм.; глубина подушки – 410 мм.; высота установки – 420-450 мм.; высота спинки – 750 мм.; наклон спинки  $18^\circ$  с возможностью увеличения наклона до  $29^\circ$ ;
6. По результатам инженерного анализа выявлено:
  - монтажная рама сдвоенной установки сидений для экскурсионного автобуса по заказу ООО «Сибeko» должна быть выполнена из труб ст3 квадратного сечения 30x30x2 мм;
  - толщина профиля ножки рамы должна составлять не менее 3 мм;

- силовая стяжка несущих кронштейнов должна быть выполнена совместно с зоной запрограммированной деформации в виде трубы круглого сечения  $\varnothing 32$  мм с выполненным специальным профильным вырезом;

- с позиции долговечности работы конструкции сиденья для размыкания силовой связи между каркасом спинки и механизмом блокировки целесообразнее применить сменный разрушаемый элемент. Материал элемента – сталь 60 с термообработкой ( $t$  закалки –  $950^{\circ}\text{C}$ ,  $t$  отпуска -  $450^{\circ}\text{C}$ , относительное удлинение  $u$  – 10%, твердость – 410 НВ,  $\sigma_{0,2}=1280$  МПа,  $\sigma_{\text{в}}=1430$  МПа).

7. С применением представленной в диссертации методики разработаны, изготовлены и сертифицированы пассажирские сиденья для городского автобуса (поставляются на предприятия НЕФАЗ, ЛиАЗ), вахтового автобуса КАМАЗ, экскурсионного автобуса (по заказу ООО «СИБЕКО»). Получен патент на полезную модель «Сиденье транспортного средства».

### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

#### I. Статьи в ведущих рецензируемых научных журналах ВАК РФ:

1. Овсянников С.В. Особенности выбора конструктивных параметров пассажирских сидений автобусов [Электронный ресурс]/ С.В. Овсянников, С.Н. Зыков // Инженерный Вестник Дона, 2014, №1.– Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2290> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус. (ВАК).

2. Овсянников С.В. Выбор конструктивной схемы каркаса пассажирского сиденья автобуса / В.А. Умняшкин, С.Н. Зыков, С.В. Овсянников // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – №1. – С. 83-86.

#### II. Патенты РФ:

3. Патент на полезную модель RU116811U1 МПК В60N2/00. Сиденье транспортного средства/ Самохвалов С.Н., Овсянников С.В. -2011139670/11; заявл. 29.09.2011; опубл.: 10.06.2012

#### III. Основные публикации по теме диссертации:

4. Овсянников С.В. Взаимосвязь формы и прочностных характеристик кузова автобуса / В.А. Умняшкин, С.Н. Зыков, С.В. Овсянников // Технические университеты: интеграция с мировыми системами образования: материалы V Междунар. конф. (Россия, Ижевск, 20-22 февраля 2012 г.) В 3 т. Т. 3. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2012. – С. 199-204.

5. Овсянников С.В. Силовая схема нагружения различных типов автобусов при эксплуатации / С.Н. Зыков, С.В. Овсянников // Машиностроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 11 июня, 2012 г.). – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2012. – С. 71 – 74

6. Овсянников С.В. Определение компоновочного решения автомобиля в аспекте эксплуатационных свойств. / В.А. Умняшкин, А.В. Полозов, К.С. Ившин, С.В. Овсянников // Современные научные исследования в дорожном и строительном производстве: мат. всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием/ ПГТУ. – Т.1 – Пермь, 2011. – С. 203-209.

7. Овсянников С.В. Оптимизация процесса создания пассажирского сиденья автобуса / С.В. Громовой, С.В. Овсянников // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2013). Тезисы 13-й международной конференции. Под ред. А.В. Толока. М.: ООО «Аналитик». –2013. С. 78.

8. Овсянников С.В. Анализ соответствия результатов испытания на прочность программными методами результатам натуральных испытаний. // Тенденции формирования науки нового времени: сборник статей Международной научно-практической конференции. 27-28 декабря 2013г.: в 4 ч. Ч.4/ отв. ред. А.А. Сукиасян. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. С 178-180.

9. Овсянников С.В. Оптимизация процесса создания пассажирского сиденья автобуса / С.В. Громовой, С.В. Овсянников // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2013). Труды 13-й международной конференции. Под ред. Е.И. Артамонова. М.: ООО «Аналитик». –2013. С. 256-258.

10. Овсянников С.В. Оптимизация конструкции пассажирского сиденья при помощи сменного элемента. / С.В. Овсянников, А.Н. Обухова // Актуальные вопросы развития науки: сборник статей Международной научно-практической конференции. 14-15 февраля 2014г.: в .. ч. Ч.../ отв. ред. А.А. Сукиасян. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014.

11. Овсянников С.В. Дизайн–проектирование промышленных изделий в рамках малого предприятия (на примере ООО «Инженерный центр «i-ДИЗАЙН») // Стратегия и тактика дизайна. (Новый формат сотрудничества в целях осуществления государственного стандарта третьего поколения): материалы научно-практической конференции (19 января 2014г.) – М.: МГХПА им. С.Г.СТРОГАНОВА, 2014.

12. Овсянников С.В. Современные подходы к дизайн-проектированию пассажирского сиденья автобуса // Технические университеты: интеграция с мировыми системами образования: материалы VI Международной конференции (Россия, Ижевск, 22–23 апреля 2014 г.) – Ижевск: Изд-во Иж ГТУ имени М. Т. Калашникова, 2014. С. 263-266.

13. Овсянников С.В. Оптимизация конструкции пассажирского сиденья при помощи деформируемого элемента / В.А. Умняшкин, С.В. Громовой, С.В. Овсянников // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 9-10 октября, 2014 г.). – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2014. – С 61-64.