

М 186910

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования

СССР

Московское

ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени

высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

ЮРИЙ КИРИЛЛОВИЧ ФУРЦЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ
КОЛЕСНЫХ МАШИН

Специальность 05.05.03 - Автомобили и тракторы

Диссертация написана на русском языке

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Министерство высшего и среднего специального образования

С С С Р

Московское

ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени

высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

ЮРИЙ КИРИЛЛОВИЧ ФУРЦЕВ

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ
КОЛЕСНЫХ МАШИН

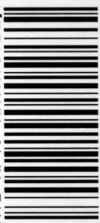
Специальность 05.05.03 - Автомобили и тракторы

Диссертация написана на русском языке

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

М 186910

Н И Б М И У И М Н. Э. Баумана



1186910

Фурцев Ю. К. Исследование

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена
Трудового Красного Знамени высшем техническом училище име-
ни Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - заслуженный деятель науки и тех-
ники РСФСР доктор технических наук, профессор А.А.Липгарт.

Научный консультант - кандидат технических наук, доцент
В.С.Цыбин.

Официальные оппоненты :

доктор технических наук, профессор Н.А.Алфутков
кандидат технических наук М.Н.Закс

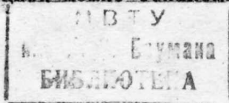
Ведущее предприятие - Центральный ордена Трудового
Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный
и автомоторный институт "НАМИ".

Автореферат разослан " " 1972 г.

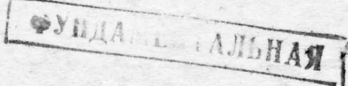
Защита диссертации состоится " " 1973 г.
на заседании Совета Конструкторско-механического факультета
Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знаме-
ни высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу:
Москва Б-5, 2-ая Бауманская ул., дом 5.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверен-
ные печатью, просим высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
училища.



Ученый секретарь Совета -
кандидат технических наук, доцент



Л.Н.Колобов

Директивы XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971-1975 гг. предусматривают широкое внедрение достижений науки и техники в производстве с целью повышения его эффективности. Одной из актуальных задач, решаемых в области автомобилестроения, является увеличение долговечности и пассажировместимости выпускаемых троллейбусов и автобусов, что требует создания новых экономичных конструкций машин при одновременном улучшении их качества.

Отвечающее современным требованиям решение проблемы создания оптимальных конструкций кузовов может быть достигнуто путем сочетания экспериментальных исследований с глубокими теоретическими разработками.

За последние годы, в связи с резким увеличением автобусно-троллейбусного парка, в нашей стране и за рубежом появились работы, посвященные экспериментальным и теоретическим исследованиям кузовных конструкций.

Большинство известных работ посвящено изучению несущей способности кузовных конструкций на статические воздействия. Такое большое внимание к статическим исследованиям подчеркивает важное место изучения статической работы кузова в полном комплексе исследований, предусматривающих кроме статических - исследования динамические и усталостные. Результаты статических исследований позволяют определить общую жесткость кузовной конструкции, которую необходимо знать при динамических исследованиях. Кроме этого, на основании статических исследований появляется возможность устранить многие недостатки конструкции до проведения дорожных испытаний.

Необходимо отметить, что в ранее опубликованных работах других авторов уделялось внимание лишь изучению напряженно-деформированного состояния кузовов автобусов и фургонov. Исследований же работы кузовов троллейбусов на статические воздействия нам неизвестны.

Диссертация посвящена исследованию пространственной работы кузовных конструкций троллейбусов большой вместимости, созданию

общей методики статического расчета на изгиб и кручение и совершенствованию существующей методики экспериментального исследования.

Работа состоит из введения, шести глав и выводов.

В первой главе приведен краткий обзор экспериментально-теоретических исследований напряженно-деформированного состояния несущих систем автомобилей, выполненных в СССР и за рубежом.

Одной из первых отечественных работ является диссертация С.И.Котляра, в которой рассматривается на основе упрощенных гипотез изгибная прочность несущего кузова автобуса.

В более позднее время появились работы К.М.Атояна, Н.И.Воронцовой, Д.Б.Гельфгата, В.В.Осепчугова, посвященные разработке методики экспериментального исследования прочности отечественных кузовов средней вместимости.

На базе экспериментальных исследований Д.Б.Гельфгатом, Н.И.Воронцовой и М.Б.Школьниковым разработана методика расчета на изгиб несущих автобусных кузовов.

Теоретическому исследованию работы кузовных конструкций автобусов средней вместимости на кручение посвящен ряд работ М.Б.Школьниковой, К.М.Атояна и А.С.Ташлицкой.

В зарубежной литературе имеются теоретические исследования Ц.Бржоски, посвященные конкретным задачам расчета несущих кузовов на кручение. В работах Р.Дин-Авериса, Г.Фараджиана, Р.Тачона изложены упрощенные расчеты автобусных кузовов на изгиб по балочной теории.

Обзор работ, выполненный в настоящей диссертации, позволяет отметить недостаточную изученность кузовных конструкций, особенно в области кузовов большой вместимости.

Целью настоящей работы является:

1) развитие существующей методики экспериментального исследования кузовов автобусов, разработанной в НАМИ, применительно к кузовам троллейбусов большой вместимости;

2) изучение напряженно-деформированного состояния несущих систем кузовов большой вместимости и разработка рекомендаций к созданию более рациональных конструкций;

3) разработка методики расчета кузовных конструкций с учетом пространственной работы несущей системы на статический изгиб и кручение.

В теоретической части диссертации использованы некоторые идеи и методы, изложенные в широко известных работах по прочности корпусных конструкций в смежных областях техники - судостроении, самолетостроении, вагоностроении и строительстве. Это работы - И.Г.Бубнова, П.Ф.Папковича, С.П.Тимошенко, В.В.Власова, А.А. Уманского, С.Н.Кана, А.Ф.Феофанова, В.В.Давыдова, А.А.Курдюмова, Е.Н.Никольского, В.А.Марьина, Б.П.Вольфсона и др.

Вторая глава содержит основные характеристики конструкций троллейбусных кузовов.

Кузова троллейбусов ЗиУ вагонного типа представляют собой сложные пространственные интегральные несущие системы, асимметричные относительно продольной оси. Асимметрия обусловлена, главным образом, расположением дверных проемов по одной стороне конструкции. Особенностью кузовов является наличие большого переднего и заднего свесов и широких дверных проемов.

Для элементов несущей системы серийных машин (ЗиУ-5, ЗиУ-7) применяются обшивка и тонкостенные гнутые стержни открытого профиля. В конструкции кузовов экспериментальных машин ЗиУ-5В и ЗиУ-9 в отличие от серийных применены трубчатые тонкостенные элементы, а у ЗиУ-9 исключена из силовой работы внешняя обшивка.

Так как условия эксплуатации троллейбусов и автобусов большой вместимости весьма близки, то в основу методики статических испытаний кузовов троллейбусов положена методика исследования прочности и жесткости автобусных кузовов, разработанная в НАМИ.

Напряженное состояние элементов несущих систем кузовов определялось измерительным прибором типа АИ-1 с помощью датчиков омического сопротивления. На каждом кузове напряжения фиксировались в 600-800 точках конструкции, а на секции - в 400-500 точках.

Линейные деформации измерялись прогибомерами системы Максимова, угловые - оптическим квадрантом. В качестве силоизмерительных устройств применялись кольцевые динамометры.

Кузов троллейбуса ЗиУ-5В исследовался на стенде. Основание кузова имело фальшрессоры, опирающиеся через кольцевые динамометры на четыре независимые домкрата с электрическим приводом.

При статических испытаниях кузовов нагрузка состояла из собственного веса машины (подрессорный вес) и полезной нагрузки. В процессе испытаний нагрузка определялась из условий прочности и жесткости как предельно допускаемая для первого этапа сборки (рама основания).

Кузова троллейбусов при испытаниях на изгиб и кручение устанавливались на подставки. Изгибные нагрузки создавались путем загрузки салонов грузами по определенной схеме. Закручивание осуществлялось удалением подставок под диагонально расположенными колесами до полного провеса переднего колеса.

В развитие сложившейся методики испытаний кузовов автобусов нами предложено, кроме испытаний целого кузова, производить предварительно натурные испытания секций кузовов. Преимущество предложенной методики проведения статических испытаний сказалось в том, что она дала возможность с меньшими затратами сил и средств ликвидировать многие недостатки конструктивного решения до испытаний целого кузова.

Секции кузовов ЗиУ-5 и ЗиУ-5В включали смежные пролеты стрингеров, а секция кузова ЗиУ-9 - участок дверного проема и примыкающие пролеты стрингеров, свободные концы которых замыкались шпангоутами. Секция отличалась от кузова меньшими размерами по длине, отсутствием торцевых стенок и рабочего оборудования.

При статических натурных испытаниях секций нагрузка осуществлялась винтовыми домкратами и контролировалась кольцевыми динамометрами. Испытанию на изгиб подвергались секции кузовов ЗиУ-5В и ЗиУ-9. Секции устанавливались горизонтально на шарнирных опорах, расположенных под крайними поперечными балками в районах примыкания лонжеронов. При испытании на закручивание секции устанавливались на двух шарнирных опорах, расположенных по диагонали, по другой диагонали располагались винтовые домкраты с динамометрами. Число повторений экспериментов зависело от стабильности получаемых результатов.

При обработке результатов опытов определялись: 1) нормальные и касательные напряжения; 2) абсолютные и относительные углы закручивания; 3) деформации диагоналей оконных и дверных проемов, торцевых сечений и крыши; 4) значения вертикальных изгибающих моментов в лонжеронах серийных конструкций кузовов.

Оценка результатов эксперимента осуществлялась по прочности и крутильной жесткости кузовных конструкций. В качестве критерия оценки прочности элементов несущей системы использовались допускаемые напряжения, которые сравнивались с действительными напряжениями. Сравнительная оценка крутильной жесткости производилась по рекомендации НАМИ, но при этом дополнительно учитывался максимальный погонный угол закручивания по участкам кузова. При поэтапных исследованиях кузовных конструкций роль укрупненного несущего элемента оценивалась коэффициентами, учитывающими увеличение крутильной жесткости конструкции на данном этапе по сравнению с предыдущим.

Т р е т ь я г л а в а посвящена исследованию серийных конструкций кузовов троллейбусов.

Целью исследования являлось выяснение напряженно-деформированного состояния несущих систем и разработка мероприятий, направленных на повышение надежности и экономичности кузовов.

Испытание кузова троллейбуса ЗиУ-5 выполнялось по этапам сборки: 1) основание, 2) основание с каркасом, 3) основание с каркасом и обшивкой до подоконного пояса, 4) основание с каркасом и полной наружной обшивкой, 5) полностью собранная машина. Углы закручивания несущей системы по мере внесения конструктивных изменений уменьшались и на последнем этапе средний погонный угол закручивания достигал $7,03 \pm 8,30$ мин/м, максимальный — $14,4 \pm 17,0$ мин/м, полный угол закручивания — $82,0 \pm 97,0$ мин. Анализ напряженного состояния по этапам сборки показал неравномерность распределения напряжений по правому и левому борту и позволил выявить слабые места конструкции — оконные проемы и примыкающие к ним элементы. В элементах крыши и основания обнаружены излишние запасы прочности.

Повторные испытания троллейбуса ЗиУ-5 после эксплуатационного пробега 60000 км показали, что изменился характер связи между несущими элементами кузова. Это привело к уменьшению среднего погонного угла закручивания до $5,45-6,00$ мин/м и полного угла — до $72,0 \pm 65,0$ мин, максимальный погонный угол увеличился до $19,3 \pm 20,6$ мин/м. Эксплуатация привела к снижению напряжений в лонжеронах в районе переднего моста и среднем сечении, к повышению их в районе заднего моста. В элементах каркаса напряжения также повысились.

Исследование кузова троллейбуса ЗиУ-7 показало, что относительные углы закручивания достигли наибольшего значения ($11,00 + 12,25$ мин/м) в районах переднего дверного проема и заднего моста. Средний погонный угол закручивания составил $4,31 + 4,92$ мин/м, полный угол закручивания - $45,0 + 51,5$ мин. На основе анализа напряженного состояния сделаны выводы о том, что лонжероны слабо включались в работу кузова, а в элементах каркаса напряжения распределены крайне неравномерно. Наиболее напряженными оказались элементы правого борта, где напряжения приближались к допускаемым значениям.

Секция кузова ЗиУ-5 исследовалась по следующим основным этапам сборки: 1) основание, 2) основание с каркасом, 3) основание с каркасом и обшивкой бортов, 4) основание с каркасом и полной обшивкой. При испытаниях на каждом этапе сборки в широких диапазонах изменялась прочность и жесткость отдельных элементов и секций в целом. Установлено, что переход от лонжеронов открытого типа сечения к замкнутому контуру приводит к снижению влияния стесненного кручения, выравниванию напряжений по различным сечениям и повышению жесткости рамы на $35 + 55$ %. Крестовые диагональные связи, размещенные в верхней и нижней горизонтальных плоскостях поперечин между лонжеронами, способствуют повышению крутильной жесткости конструкции и изменяют характер работы элементов рамы основания и каркаса (напряжения в лонжеронах возросли на 10-20%, а в элементах каркаса уменьшились в 2 + 3 раза).

Рекомендации, разработанные в результате проведенных исследований, использованы при создании новых кузовов троллейбусов ЗиУ-5В и ЗиУ-9.

В главе четвертой обсуждаются результаты испытаний экспериментальных конструкций кузовов троллейбусов.

Угол закручивания основания секции ЗиУ-5В значительно увеличился по сравнению с основанием секции ЗиУ-5 (относительный угол закручивания составил 559 мин/м). Уровень напряжений в поясах ферм лонжеронов $300 + 900$ кг/см², а в поперечных фермах меньше в 1,3 + 1,5 раза. Установка каркаса и введение раскосов в горизонтальных плоскостях основания привели к увеличению крутильной жесткости (в 17,8 раза, по сравнению с предыдущим экспериментом), к изменению характера работы элементов ферм основания и к общему снижению уровня напряжений. Напряжения в стержнях каркаса не превысили 100 кг/см². Обшивка секции (при наличии раскосов в основании) до под-

оконного пояса повысила крутильную жесткость еще в 2,65 раза. Напряжения остались на уровне предыдущего состояния. Повышение жесткости узловых соединений привело к увеличению крутильной жесткости на 30% и снижению напряжений в элементах секции на 10 + 20 %.

На основе результатов и испытаний секции ЗиУ-5В была создана новая конструкция кузова троллейбуса ЗиУ-5В, которая исследовалась по следующим этапам: 1) основание с каркасом, 2) основание с каркасом и облицовкой крыши и бортов до подоконного пояса, 3) основание с каркасом и облицовкой переднего и заднего борта, 4) полностью собранная машина. Испытания позволили оценить крутильную жесткость кузова (средний погонный угол закручивания 4,10 + 5,30 мин/м; максимальный - 11,65 + 12,20 мин/м; полный угол - 46,90 + 61,25 мин) и дать оценку влияния отдельных частей несущей системы на его крутильную жесткость (например, обшивка торцов увеличила крутильную жесткость в 1,2 + 1,9 раза). Анализ напряженного состояния по этапам исследования позволил выяснить характер изменения прочности с увеличением жесткости кузова, установить слабые места и предложить ряд изменений конструктивных решений отдельных узлов основания. Использование новой конструкции основания привело к снижению напряжения в элементах каркаса в 1,5 + 2 раза по сравнению с кузовом ЗиУ-5.

Секция кузова ЗиУ-9 с дверным проемом испытывалась по тем же основным этапам сборки, что и секции ЗиУ-5 и ЗиУ-5В. Основание секции кузова троллейбуса ЗиУ-9 в отличие от ЗиУ-5В выполнено из трубчатых профилей квадратного поперечного сечения. Испытание изолированного основания секции ЗиУ-9 дало возможность установить некоторое увеличение жесткости по сравнению с ЗиУ-5В. В элементах ферм отмечен достаточно высокий уровень нормальных напряжений, особенно при кручении. Установка каркаса повысила крутильную жесткость в 7,4 раза, а изгибную в 2 раза. Напряжения в элементах ферм основания, за счет включения в работу каркаса, снизились в 4-8 раз. В стержнях каркаса установлено неравномерное распределение напряжений. Обшивка бортов стальными листами ниже уровня пола и установка диагональных раскосов в средней части основания между лонжеронами повысили крутильную и изгибную жесткости конструкции. Крутильная жесткость при этом увеличилась в большей степени, чем изгибная. Уровень напряжений повысился в фермах основания в 1,5 + 2 раза, в шпангоутах - на 10 + 15 %. В стрингерах бортов и крыши отмечены невысокие напряжения (60 + 150 кг/см²). После обшивки крыши карка-

ся выявлено незначительное повышение крутильной и изгибной жесткости (на $8 + 10 \%$). Различия напряжений практически не изменились.

Полученные результаты испытаний секции ЗиУ-9 легли в основу создания конструкции трехдверного кузова троллейбуса ЗиУ-9. Исследование кузова показало достаточно равномерное распределение относительных углов закручивания в базе. Максимальное значение относительно угла отмечено между средней дверью и осью переднего моста и составило $9,9 + 12,28$ мин/м. Средний погонный угол оказался в пределах $- 3,2 + 4,8$ мин/м, полный угол закручивания $37,10 + 55,8$ мин. В элементах ферм основания уровень напряжений невысокий ($100 + 500$ кг/см²). Наиболее напряженным оказался правый лонжерон, где напряжения выше, чем в левом, в 2,25 раза. В элементах каркаса нормальные напряжения ($400 + 600$ кг/см²) значительно ниже допускаемых. В контрольных сечениях шпангоутов средней и задней двери (правый борт), напряжения достигают значений: при изгибе 900 кг/см², при кручении $1700 + 2000$ кг/см².

Результаты проведенных испытаний и анализ жесткостных и прочностных характеристик экспериментальных конструкций кузовов позволили сделать вывод о преимуществе конструктивных свойств кузова троллейбуса ЗиУ-9.

В главе пятой предлагается приближенный метод расчета кузовных конструкций на действие статических нагрузок.

При расчете сложных пространственных систем типа кузовов весьма важным моментом является выбор расчетной схемы.

В работе сложная реальная конструкция кузова, состоящая из пространственного стержневого каркаса, частично обшитого стальными листами, разбивается на ряд укрупненных элементов (крыша, боковины, основание, торцевые стенки), которые заменяются пластинками приведенной толщины, эквивалентными по жесткости реальным укрупненным элементам.

С принятием такой расчетной схемы получаем континуальную систему в виде четырехгранной призматической оболочки.

Согласно теории В.З.Власова из оболочки двумя поперечными сечениями выделяется элемент dZ . Элемент рассматривается как замкнутая рамная система. Равновесие выделенного элемента, при четырех продольных $\varphi_i(s)$ и четырех поперечных $\varphi_k(s)$ формах перемещений, описывается следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \sum_i^4 a_{ji} U_i'' - \sum_i^4 b_{ji} U_i - \sum_k^4 c_{jk} V_k' + p_j &= 0, \\ \sum_k^4 c_{hk} U_k' + \sum_k^4 z_{hk} V_k'' - \sum_k^4 s_{hk} V_k + q_h &= 0, \end{aligned} \right\} (j, k, h = 1, 2, 3, 4) \quad (I)$$

где a, b, c, z, s - коэффициенты уравнений, вычисляемые известными приемами теории рам при помощи эпюр задаваемых функций $\Psi_i(s)$, $\Psi_i'(s)$, $\Psi_k(s)$, $M_k(s)$, построенных для рамной системы;

$U_i(z), V_k(z)$ - искомые продольные и поперечные перемещения элементарной полосы (рам);

p_j, q_h - обобщенные внешние продольные и поперечные силы.

Так как для поперечного сечения кузова с вертикальной осью симметрии положение центров тяжести и кручения известно, то система дифференциальных уравнений (I) раскладывается на независимые системы уравнений, описывающие простые напряженно-деформированные состояния кузовной конструкции - растяжения, изгиба и кручения.

Представляет интерес рассмотрение двух случаев деформаций расчетной системы:

- 1/ система находится под нагрузкой, действующей вдоль боковых элементов рамы параллельно и симметрично относительно вертикальной оси;
- 2/ система находится под действием закручивающей нагрузки, т.е. одна из опор удалена (переднее колесо вывешено).

В случае 1 расчетная система испытывает изгиб в вертикальной плоскости; изгибом в горизонтальной плоскости, по предположению, пренебрегаем. Разрешающая система уравнений следует из соотношений (I), при $p_3 = 0$.

В случае 2 расчетная система испытывает деформацию кручения. Разрешающая система уравнений получается из соотношений (I), при $p_4 = q_{k1} = q_v = 0$ (внешняя нагрузка приложена в пролете конструкции).

Из решения систем дифференциальных уравнений, с точностью до произвольных постоянных, находим:

1) при изгибе - продольные и поперечные обобщенные перемещения точек оболочки;

2) при кручении - обобщенную деформацию контура.

Произвольные постоянные определяются из граничных условий, которые зависят от характера торцевых закреплений кузова.

По известным обобщенным перемещениям можно найти касательные напряжения, возникающие по линиям контакта приведенных пластинок расчетной схемы при изгибе и кручении, а по ним определить усилия взаимодействия. После определения усилий взаимодействия по линиям контакта граней оболочки необходимо вернуться к реальной стержневой системе и методами строительной механики найти силовые факторы в ее элементах. Кроме этого по обобщенным перемещениям определяются общие деформации кузова — прогибы и углы закручивания.

В качестве примера рассмотрен расчет кузова-фургона без торцевых диафрагм и внешней обшивки бортов.

При исследовании изгиба приведенная толщина граней оболочки определялась из следующих соображений:

1. Основание и крыша испытывают соответственно деформации растяжения и сжатия. Следовательно, в реальной конструкции этой деформации подвергаются только продольные элементы, а у крыши в работу включаются участки обшивки, прилегающие к стрингерам и не теряющие устойчивости.

2. Боковины изгибаются в своей плоскости, приведенная толщина пластинок определялась из условия равенства прогибов в середине пролета балки-стенки (пластинки) и фермы реальной конструкции боковины.

При кручении отдельные грани оболочки испытывают перекос в своей плоскости, поэтому приведенная толщина пластинок определялась из условия равенства угла перекоса реального укрупненного элемента (крыша, боковины, основание) и эквивалентной пластинки.

Если начало координат поместить в центр тяжести среднего сечения, то граничные условия можно записать следующим образом.

Для случая 1 (изгиб в вертикальной плоскости):

$$\frac{\partial U_3}{\partial z} = 0, \quad V_3 = 0, \quad \text{при } z = \pm l.$$

Первое условие показывает на отсутствие нормальных напряжений в торцевых гранях, а второе — равенство нулю прогиба в опорных сечениях.

Для случая 2 (кручение):

$$B = 0, \quad H = P \cdot d = M_{кр}, \quad Q = P \cdot d = M_{кр}, \quad \text{при } z = \pm l,$$

т.е. продольный бимомент равен нулю, а крутящий момент и поперечный бимомент равны моменту внешней пары, приложенной на торцах конструкции.

Сопоставление экспериментальных и расчетных данных показало удовлетворительное совпадение результатов. При изгибе конструкции расхождение в прогибах составило 8,75% и по напряжениям в элементах несущей системы от 10 до 35%. При этом характер распределения напряжений по стержням одинаков. При кручении погрешность в определении угла закручивания составила 14,2%, а по напряжениям в элементах несущей системы - в пределах от 7 до 36%.

Имеющиеся расхождения между экспериментальными и теоретическими данными объясняются, с одной стороны, наличием у испытуемого кузова-фургона начальных несовершенств конструкции, неизбежных при его изготовлении, и, с другой стороны, - некоторым несоответствием в граничных условиях расчетной модели и реальной конструкции.

В шестой главе производится технико-экономическая оценка конструкций троллейбусов ЗиУ.

Основным критерием оценки качества конструкции троллейбусов является уровень комфортабельности и безопасности пассажиров. Кроме этих основных требований конструкция троллейбуса должна обеспечивать возможность выполнять перевозки пассажиров с минимальными материальными и трудовыми затратами.

Расчет экономической эффективности производился в соответствии с методикой, утвержденной Госпланом СССР 9 декабря 1961 г., по материалам троллейбусного завода им. Урицкого и некоторых троллейбусных парков страны. Экономическая эффективность определялась по укрупненным нормативам с использованием данных по аналогам.

Для сопоставления принимались серийно выпускаемый троллейбус ЗиУ-5 и экспериментальный троллейбус ЗиУ-9.

Из произведенного расчета экономической эффективности можно сделать вывод, что внедрение в производство троллейбуса ЗиУ-9 может дать ежегодную экономию для народного хозяйства в размере 1,07 млн. рублей.

ВЫВОДЫ

1. Исследование секций кузовов троллейбусов дало возможность отработать различные варианты конструктивных решений и дать на основании сравнения результатов натурных испытаний предварительную оценку прочности и жесткости кузовов троллейбусов. Эта оценка подтверждается испытаниями целых кузовов на статические нагрузки в стендовых условиях.

Так, например, исследование секции кузова ЗиУ-5В показало, что ее крутильная жесткость увеличилась по сравнению с секцией ЗиУ-5 в 1,8 раза; крутильная жесткость целого кузова троллейбуса ЗиУ-5В возросла по сравнению с кузовом ЗиУ-5 в 1,7 раза.

2. Поэтапные испытания кузовов троллейбусов ЗиУ-5 и ЗиУ-5В позволили оценить влияние отдельных укрупненных элементов рамы, каркаса, обшивки бортов, обшивки крыши и обшивки торцов кузова машины на величину угла закручивания, на величину и характер распределения напряжений по сечениям несущих элементов.

Так, например, исследования кузовов троллейбусов ЗиУ-5 и ЗиУ-5В показали, что увеличение крутильной жесткости при полной внешней обшивке произошло соответственно в 4,2 и 9,0 раза по сравнению с каркасом, установленным на основание, т.е. полный облицовочный коэффициент у экспериментальных конструкций в 2,1 раза больше, чем у серийных конструкций кузовов типа ЗиУ. Торцевой коэффициент у кузова троллейбуса ЗиУ-5В равен 1,5.

3. Установлено, что основная характеристика кузова при кручении, относительный (погонный) угол закручивания, у экспериментальных кузовов троллейбусов (ЗиУ-5В и ЗиУ-9) укладывается в пределы оптимальных значений (4-6 мин/м), а максимальные величины относительных углов закручивания по участкам кузова равны 9-12 мин/м. Кузов серийного троллейбуса ЗиУ-5 имеет относительные углы закручивания по буферам машины несколько выше оптимальных значений (7,0-8,30 мин/м). Значения максимальных относительных углов закручивания, по участкам кузова, изменяются в пределах 8-17 мин/м. Следовательно, экспериментальные конструкции кузовов, выполненные с применением тонкостенных замкнутых элементов с двумя осями симметрии, являются более жесткими.

4. Проведенный анализ напряженного состояния позволил сделать заключение о прочности кузовов, выявить наиболее напряженные элементы и предложить конкретные рекомендации об изменении конструктивных решений отдельных узлов основания и каркаса.

5. Повторные испытания серийно выпускаемого кузова троллейбуса ЗиУ-5 после эксплуатационного пробега 60000 км выявили многочисленные факты нарушения связей между отдельными частями (базовой и консольными) кузова. Это привело к изменению прочности и крутильной жесткости несущей системы. Испытания показали также, что оцен-

ка крутильной жесткости по буферам машин является недостаточной. В связи с этим для полного анализа крутильной жесткости рекомендуется учитывать величины максимальных относительных углов закручивания по участкам кузова.

6. Предложена методика приближенного расчета кузовных конструкций с учетом их пространственной работы. Проведенный по этой методике расчет кузова-фургона (секция кузова троллейбуса ЗиУ-9) показала удовлетворительное совпадение результатов эксперимента и теории (по деформациям - 9-15 %, по напряжениям - 10-30 %). Поэтому предложенная методика расчета может быть рекомендована к применению на стадии проектирования новых кузовов троллейбусов (автобусов).

7. Результаты экономического расчета и испытания кузовов на воздействие статических нагрузок свидетельствуют о технико-экономической целесообразности трехдверных конструкций машин, выполненных из тонкостенных стержней замкнутого профиля с несущей внешней обшивкой.

8. На основании проведенных статических исследований даны рекомендации, направленные на улучшение конструкций несущих систем кузовов типа троллейбусов ЗиУ, которые в определенной степени были учтены на троллейбусном заводе им. Урицкого в конструкциях серийных кузовов и при создании кузовов перспективных троллейбусов.

Материалы диссертации опубликованы в следующих статьях:

1. Носов А.К., Палым Ю.А., Солянов А.Н., Фурцев Ю.К., Осипов В.М., Яроцкий В.А. Экспериментальное исследование крутильной жесткости кузова троллейбуса ЗиУ-5. "Труды молодых ученых. Серия технических наук". Издательство СГУ, 1965.

2. Палым Ю.А., Солянов А.Н., Вишник Г.В., Носов А.К., Осипов В.М., Резчиков А.С., Фурцев Ю.К. Опытные исследования унифицированных кузовных конструкций на заводе им. Урицкого. "Автомобильная промышленность", № 12, 1965.

3. Палым Ю.А., Солянов А.Н., Резчиков А.С., Осипов В.М., Фурцев Ю.К., Родин Б.Я. Результаты экспериментального исследования кузова троллейбуса. "Строительство и архитектура, проектирование и строительство дорог и мостов". Научные сообщения XIX научно-технической конференции строительного и дорожно-строительного факультетов СПИ. Саратов, 1966.

4. Резчиков А.С., Солянов А.Н., Палым Ю.А., Фурцев Ю.К., Осипов В.М. Экспериментальные исследования секций троллейбуса ЗиУ-5 с целью модификации серийной конструкции кузова. Сб. "Некоторые задачи прочности и устойчивости плоских и пространственных систем". Приволжское книжное издательство. Саратов, 1966.

5. Фурцев Ю.К., Солянов А.Н., Палым Ю.А., Осипов В.М., Резчиков А.С. Экспериментальное исследование влияния несущего основания на напряженное состояние элементов каркаса кузова при изгибе и кручении. Материалы к XXX научно-технической конференции СПИ (секция механического факультета). Саратов, 1967 г.

6. Фурцев Ю.К., Осипов В.М., Палым Ю.А., Солянов А.Н., Боровских В.Е. Экспериментальное исследование серийных кузовных конструкций типа троллейбусов ЗиУ на статический изгиб и кручение. Материалы к XXXIII научно-технической конференции СПИ (автомеханический факультет). Саратов, 1970.

7. Фурцев Ю.К. Экспериментальное исследование кузовов троллейбусов ЗиУ на прочность и жесткость в стендовых условиях. Труды семинара "Прочность и долговечность автомобильных несущих систем". НАМИ, Москва, 1971.

8. Петров В.В., Соколов О.Л., Фурцев Ю.К. Применение общего вариационного метода Власова к расчёту кузова-фургона на изгиб. Сб. "Некоторые задачи прикладной теории упругости". Саратов, 1971 .

9. Фурцев Ю.К., Солянов А.Н., Палым Ю.А., Осипов В.М., Резчиков А.С. Исследование несущей способности секции троллейбуса ЗиУ-5В с основанием из тонкостенных замкнутых профилей. Сб. "Некоторые задачи прикладной теории упругости". Саратов, 1971 .

10. Фурцев Ю.К. Расчёт пространственных упругих систем на действие статических нагрузок. Тр. "Расчет пространственных систем в строительной механике". Изд. СГУ. Саратов, 1972.

Отдельные разделы работы доложены на :

1) XXIX-XXXV научно-технических конференциях Саратовского политехнического института (1966- 1971);

2) первом семинаре "Прочность и долговечность автомобильных несущих систем"(Москва, 1969);

3) научных семинарах кафедры К-3 МВТУ им. Баумана (Москва, 1969, 1970, 1972);

4) научных семинарах кафедры "Сопротивление материалов" Саратовского политехнического института (Саратов, 1970 - 1971);

5) Поволжской научно-технической конференции по проблемам расчета пространственных систем в строительной механике (Саратов, 1972).

Юрий Кириллович Фурцев

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ
КОЛЕСНЫХ МАШИН

А в т о р е ф е р а т

Ответственный за выпуск Б.А.Афанасьев

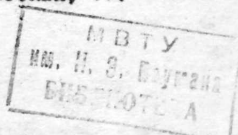
Корректор Г.Н.Адамия

НГ 40102 Подписано к печати 29/XI-72г. Печ.л. I

Заказ 74I

Тираж 150 экз.

СПИ. Ротапринт. Саратов. Политехническая, 77.



01698111