

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Ф. Г. ГОХМАН

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА, ПАРАМЕТРОВ
И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ
ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

(Специальность № 433 — Подвижной состав и тяга поездов)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1970 г.

НТБ
ДНУЖТ

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

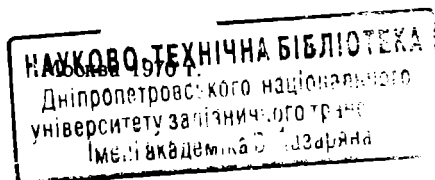
Ф. Г. ГОХМАН

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА, ПАРАМЕТРОВ
И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ
ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

(Специальность № 433 — Подвижной состав и тяга поездов)

40989

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте вагоностроения.

Научный руководитель — член-корреспондент АН УССР, доктор технических наук, профессор **В. А. ЛАЗАРЯН**.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор **ШАДУР Л. А.**, кандидат технических наук, доцент **КОРОТЧЕВ И. М.**

Ведущее предприятие — Днепродзержинский вагоностроительный завод им. газеты «Правда».

Автореферат разослан _____ 1970 г.

Защита диссертации состоится _____ 1970 г.

на заседании Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

Адрес института: Днепропетровск 10, ул. Университетская, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета (Б. Климковский)

НТБ
ДНУЖТ

Важнейшей народно-хозяйственной задачей текущего и следующего пятилетий является резкое увеличение производства легковых автомобилей. В соответствии с директивами XXIII съезда КПСС, выпуск легковых автомобилей в СССР достигнет в 1972 г. 1 млн. 300 тыс. штук против 200 тыс. штук в 1965 г. Анализ условий доставки автомобилей потребителям показывает, что около 80% их транспортируется по железным дорогам. Следовательно, железнодорожный транспорт должен будет перевезти в 1972 г. 0,9—1 млн. штук автомобилей. Такое резкое увеличение перевозок специфического груза (большого объема и относительно малого веса) требует безотлагательного решения ряда серьезных проблем и, в первую очередь, проблемы выбора типа и параметров подвижного состава.

Целью аннотируемой диссертационной работы является исследование по выбору оптимального типа и параметров вагона для перевозки легковых автомобилей и разработка рекомендаций по проведению расчетов на прочность кузова двухъярусного вагона, не имеющего прототипов среди отечественных конструкций грузовых вагонов. В работе проанализированы также данные комплексных натурных испытаний опытных образцов вагонов, построенных по результатам настоящего исследования, выбраны рациональные условия эксплуатации вагонов, выполнен расчет экономической эффективности внедрения их в производство. Таким образом, работа позволяет уточнить весь комплекс методики создания специализированного подвижного состава: от выбора оптимального типа до начала серийной постройки.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и выводов.

Во введении охарактеризована актуальность рассматриваемой проблемы, раскрываются цель и задачи работы.

В первой главе рассматриваются основные тенденции развития вагонного парка и анализируются конструкции вагонов,

используемых для перевозки легковых автомобилей в СССР и за рубежом.

Вагонный парк отечественных железных дорог претерпел за последнее десятилетие значительные изменения. Значительно выросла средняя грузоподъемность вагона эксплуатационного парка. В эксплуатацию поступили шести- и восьмиосные вагоны. Несколько возросли количество специализированных вагонов и средний уровень специализации грузовых вагонов.

Наиболее заметной тенденцией в развитии вагоностроения за рубежом является резкое увеличение грузоподъемности подвижного состава и увеличение доли специализированных вагонов. Следует отметить, что осуществлению специализации вагонов за рубежом способствует гораздо меньшая напряженность работы железных дорог и постоянный избыток парка грузовых вагонов.

Легковые автомобили на отечественных железных дорогах перевозятся, главным образом, в универсальных полувагонах и на платформах — по 3—4 автомобиля, и относительно небольшое количество в специальных цельнометаллических грузовых вагонах (ЦМГВ) — по 7 штук. Использование грузоподъемности четырехосных платформ составляет при этом 4,5—5,5%, а тара платформы превышает фактическую грузоподъемность в 7,5 раза. Примерно такие же показатели и при перевозке автомобилей в четырехосном полувагоне, а фактическая грузоподъемность ЦМГВ находится в пределах 33% номинальной. Использование площади пола во всех названных типах вагонов меньше 55%, количество автомобилей, перевозимых в поезде, длиной 850 м, сформированном из универсальных вагонов, не превышает 170 штук, а из ЦМГВ — 270 штук. К существенным недостаткам транспортировки автомобилей в универсальном подвижном составе следует отнести трудности, связанные с переездом автомобилей из вагона в вагон по временным мосткам, невозможность применения постоянных, быстро устанавливаемых креплений их на вагонах, плохую сохранность автомобилей в пути.

В первой главе работы проанализированы также конструкции подвижного состава, применяемого для перевозки легковых автомобилей в США, Канаде, ФРГ, Италии, Франции, Швеции, Японии и других странах. Отмечается, что во всех странах, имеющих развитую автомобильную промышленность, перевозка автомобилей осуществляется в специализированном подвижном составе. Основной принцип конструирования — максимальное использование габаритов подвижного

состава, достигаемое в США в результате создания трехъярусных, в Европе и Японии — двухъярусных вагонов. Вагоны США обеспечивают перевозку 15 крупных, вагоны Европы и Японии — 12—18 мало- и микролитражных автомобилей. Постоянно увеличивающееся число транспортируемых по железным дорогам автомобилей (в США в 1967 году было перевезено 4700 тыс. штук) привело к созданию маршрутных поездов, формируемых из специальных вагонов. Таким образом, анализ зарубежного опыта убедительно свидетельствует о целесообразности, как с технической, так и с экономической точки зрения, транспортировки легковых автомобилей в специальных вагонах.

Во второй главе проводится исследование целесообразности применения на отечественных железных дорогах специализированного вагона для перевозки легковых автомобилей и выбор его оптимального типа и параметров.

Основные линейные размеры вагона, его грузоподъемность и тара взаимозависимы и должны рассматриваться в комплексе. Как показали исследования, проведенные в аннотируемой работе, максимальное использование грузоподъемности разрабатываемого вагона достигается только при двухрядной установке автомобилей. Наибольшую ширину из намечаемых к выпуску автомобилей имеет ВАЗ-2101-1625 мм. Следовательно, для того, чтобы удовлетворять требованию двухрядной перевозки, вагон должен иметь максимально возможную в габарите 1-Т ширину. Из графика (рис. 1) видно, что оптимальное сочетание ширины подвижного состава в средних, шкворневых и консольных сечениях ограничено длиной вагона по раме 22 м при отношении $\frac{L}{l}$ от 1,2 до 1,3 (где L — длина, а l — база вагона). Таким образом, вагон должен проектироваться либо длиной до 22 м, либо сочлененного типа, либо по более широкому (не вездеходному) габариту Т.

Рациональные длины вагонов (17 м, 20,8 м, 25 м, 34 м) выбирались, исходя из условий размещения максимального количества автомобилей различных марок. Описанные исследования позволили выбрать тринадцать возможных вариантов специальных вагонов: двухъярусные — двухосные различной длины, трехосный сочлененный длиной 34 м, четырехосные различной длины; трехъярусные — трехосные сочлененные различной длины, четырехосный длиной 20,8 м, шестиосный сочлененный длиной 34 м; двухъярусный четырехосный длиной 25 м в габарите Т.

Технико-экономические расчеты показали, что во всех специализированных вагонах приведенные эксплуатационные расходы в 2—2,5 раза ниже, чем в универсальных вагонах и в ЦМГВ. Следовательно, транспортировку легковых автомобилей следует осуществлять в специализированных вагонах.

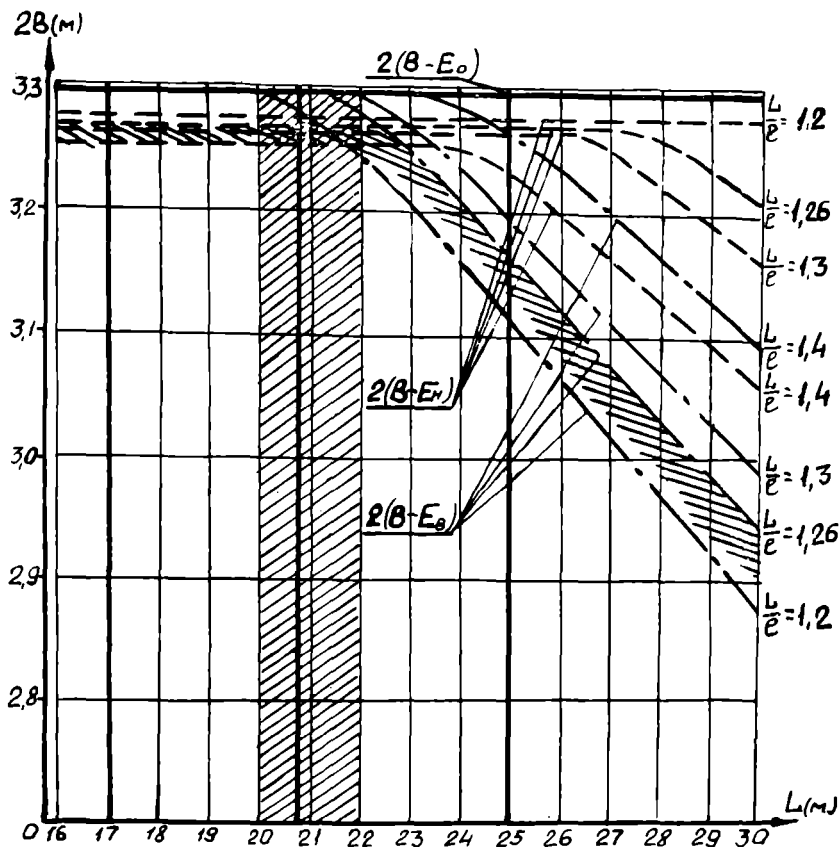


Рис. 1. Зависимость ширины кузова вагона в средних ($2B-2E_v$), шкворневых ($2B-2E_o$) и консольных ($2B-2E_n$) сечениях от длины (L) и базы (l) при значениях $\frac{l}{L}$ равных 1, 2; 1, 26; 1, 3; 1, 4.

Наиболее эффективными из рассмотренных вагонов являются двух- и трехъярусные на одноосных тележках. Однако вагоны на одноосных тележках обладают ограниченным запасом устойчивости от выжимания в поездах тяжелого веса. Кроме того, их эксплуатация вызовет ряд трудностей, связанных с необходимостью иметь на линии нетиповые тележки. Учитывая также, что приведенные эксплуатационные расходы при перевозке автомобилей в этих вагонах незначительно (\approx на 9%) ниже, чем в четырехосных вагонах, создание вагонов на одноосных тележках признано нецелесообразным. Одним из самых экономичных является двухъярусный четырехосный вагон в габарите «Т». Но создание такого вагона было бы преждевременным, так как в настоящее время его нельзя эксплуатировать по всей сети железных дорог. В дальнейшем, когда будут уточнены маршруты следования автомобильных вагонов, следует проверить возможность эксплуатации на этих участках подвижного состава, построенного по габариту «Т». Отмечается неэффективность строительства в настоящее время шестиосного сочлененного трехъярусного вагона длиной 34 м (как с точки зрения эксплуатации, так и из-за более высоких по сравнению с вагонами на двух двухосных тележках приведенных эксплуатационных расходов).

Следовательно, оптимальным типом вагона для перевозки легковых автомобилей является в настоящее время двухъярусный четырехосный длиной по раме 20,8 м. В соответствии с проведенными исследованиями (рис. 1), вагон должен иметь базу 16,5 м (соотношение $\frac{L}{l} = 1,26$). В работе выбрана конструктивная схема вагона и определены его параметры. Вагон рекомендовано выполнять цельнометаллическим из сварных штампованных и прокатных профилей. Вагон состоит из следующих основных узлов: рамы, кузова, ходовых частей, автосцепного и автотормозного оборудования, мостков для переезда машин из вагона в вагон, направляющих для установки автомобилей и устройств крепления их на вагоне (рис. 2).

Автосцепное и автотормозное оборудование — типовое. Учитывая большой угол отклонения консоли вагона при вписывании в кривые, для обеспечения сцепляемости применена розетка автосцепки пассажирского типа. Ходовые части вагона — две типовые тележки ЦНИИ-ХЗ-0 с уменьшенной жесткостью рессорного подвешивания и клиновыми гасителями колебаний.

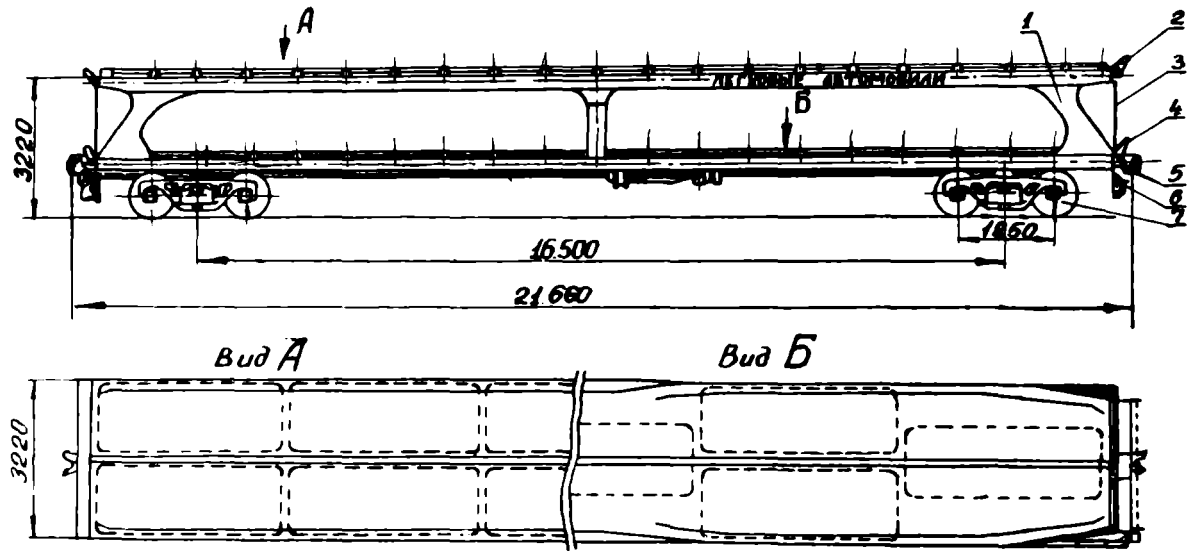


Рис. 2. Общий вид специального двухъярусного четырехосного вагона для перевозки легковых автомобилей (пунктиром показано расположение автомобилей, транспортируемых на нижнем и верхнем ярусах). 1 — кузов вагона; 2 — переездные мостки верхнего яруса; 3 — лестница; 4 — переездные мостки нижнего яруса; 5 — автосцепка; 6 — тормоз; 7 — тележка.

Боковой контур вагона выполнен в форме трапеции, разделенной посредине вертикальной стойкой; верхняя сторона трапеции имеет консольные продолжения; концевые стойки направлены к центру под углом $\approx 55^\circ$

На вагоне размещается 17 автомашин типа ВАЗ-2101, «Москвич», «Запорожец». На нижнем ярусе устанавливается 7 автомашин (по две в ряд в проемах и по одной между стойками), на верхнем ярусе — 10 автомашин в два ряда. Погрузка и выгрузка автомобилей производится самоходом. Крепление их осуществляется с помощью колесных упоров, заходящих в гофры или отверстия в полу, либо цепными устройствами.

Необходимость двухрядного размещения автомашин, в связи с ограничениями подвижного состава по ширине, вынудила решить ряд сложных вопросов, связанных с вписыванием в габарит, загрузкой, размещением и выгрузкой автомашин.

В таблице I приведены показатели рекомендуемого вагона и лучших зарубежных образцов аналогичных вагонов.

Таблица I

№№ п/п	Показатели	Единица измере- ния	Специализированные вагоны			
			СССР	США	Италия	ФРГ
1	Грузоподъемность	т	20	21	18	20
2	Количество перевозимых автомобилей	шт.	17	15	12	10
3	Фактическая грузоподъемность	т	17	18	12	10
4	Коэффициент использования грузоподъемности	—	0,85	0,85	0,66	0,5
5	Тара	т	25,0	35,0	22,0	21,8
6	Погрузочный коэффициент тары	—	1,5	2,06	1,81	2,18
7	Ширина рамы	м	3,22	2,70	3,11	3,03
8	Длина рамы	м	20,8	25,7	23,1	22,4
9	Количество ярусов	шт.	2	3	2	2
10	Площадь пола вагона	м ²	134,0	208,2	143,6	136,0
11	Коэффициент использования площади пола	—	0,85	0,74	0,54	0,45
12	Количество осей	шт.	4	4	3	3

Данные таблицы показывают, что практически по всем показателям, и, прежде всего, по погрузочному коэффициенту тары, коэффициентам использования грузоподъемности и площади пола, количеству перевозимых автомобилей создаваемый вагон превосходит лучшие зарубежные образцы.

Третья глава посвящена исследованию прочностных качеств вагона. Обширные и глубокие исследования в области развития методов расчета на прочность узлов подвижного состава выполнены Е. Н. Никольским, А. А. Поповым, А. Ф. Смирновым, А. П. Филиным, Л. А. Шадуром и др. В работе использовались также методы электромеханического моделирования задач строительной механики, разработанные В. А. Лазаряном, К. К. Керопяном, Г. Е. Пуховым.

Создаваемый вагон не имеет прототипов среди конструкций отечественных грузовых вагонов и потому такое исследование представляет значительный интерес как с точки зрения выбора расчетной схемы, так и проведения самого расчета.

В первом варианте была принята плоская стержневая расчетная схема конструкции. Дальнейшие расчеты и натурные испытания показали, что напряженное состояние аналогичных двухъярусных конструкций можно с достаточной для предварительного расчета степенью точности оценить по упрощенной плоской схеме.

Во втором варианте расчетная схема рассматривалась как пространственная стержневая конструкция, которая с учетом симметричности вагона семь раз статически неопределима*. Расчет проводился на ЭЦВМ «Урал-3» и АВМ «Альфа». Это позволило контролировать правильность решения задачи, а также сравнить оба метода машинного расчета конструкции. Полученные результаты достаточно хорошо согласуются между собой (отклонения в пределах 10%) и с данными натурных испытаний.

В связи с тем, что оба предыдущих варианта расчета проведены с определенными допущениями, был выполнен еще один уточненный вариант расчета. Все рассматриваемые нагрузки, действующие на кузов вагона (вертикальная статическая, силы инерции при соударении и продольные усилия), симметричны относительно продольной оси вагона. Относительно поперечной оси вагона нагрузки от сил инерции несимметричны. Поэтому расчетная схема построена для половины вагона (относительно оси хребтовой балки). Учитывая, что дефор-

Этот и последующие варианты расчета выполнялись автором совместно с О. М. Савчуком.

мация поперечных балок и гофрированного пола верхнего яруса не оказывает существенного влияния на напряженное состояние конструкции, ограничили включением в расчетную схему только боковых продольных балок верхнего яруса.

В этом варианте были приняты следующие допущения: на основную систему не действует боковая нагрузка, поэтому изгиб продольных балок в горизонтальной плоскости и деформации растяжения — сжатия поперечных балок отсутствуют; ввиду малой жесткости стержней вагона на кручение по сравнению с изгибной (применяются открытые профили), деформациями кручения элементов рамы пренебрегаем. Таким образом, учитываются: изгиб всех стержней в вертикальной плоскости; растяжение — сжатие всех стержней, кроме поперечных; изгиб поперечных балок в горизонтальной плоскости. В связи с тем, что концевые стойки имеют переменную по длине жесткость, применена их кусочно-линейная аппроксимация (стойки разбиты на пять участков; жесткость участков, прилегающих к боковым балкам, принята бесконечно большой, а остальных — в соответствии с параметрами сечений). Окончательная схема 21 раз статически неопределима.

Расчет выполнялся методом сил на ЭЦВМ «Урал-3» по универсальной программе, разработанной вычислительным центром ДИИТа. Коэффициенты матрицы канонических уравнений вычисляются по каждому стержню в отдельности. Кроме геометрических характеристик, вводятся значения изгибающих моментов в начале, в середине и в конце каждого стержня, а также значения продольных сил в стержнях от всех единичных состояний основной системы и внешних нагрузок. После определения коэффициентов матрицы и грузовых коэффициентов следует решение системы канонических уравнений методом Гаусса, затем определяются силовые факторы и вычисляются действительные значения напряжений в стержнях, которые выдаются в виде цифрового массива. Правильность выполненных расчетов контролировалась проверкой симметричности полученных результатов, а также сравнением результатов расчета на ЭЦВМ «Урал-3» и АВМ «Альфа». Выяснилось, что погрешность при больших значениях изгибающих моментов не превышает 5%.

Выполненные расчеты позволили оценить напряженное состояние кузова вагона от действия различных нагрузок.

Суммарные значения напряжений в хребтовой балке вблизи шкворневого узла по I режиму и посередине балки по III режиму превышают допустимые. В верхней боковой балке в

месте соединения ее с угловыми стойками суммарные напряжения при действии сжимающих усилий превышают допускаемые по I режиму на 70%, а при действии растягивающих усилий — на 29%. Суммарные напряжения по III режиму в этом сечении превосходят допускаемые на 92%. В то же время, некоторые сечения поперечных балок остаются недогруженными.

Построенные на основании предварительных расчетов два опытных образца вагона (один с боковой продольной балкой нижней рамы из швеллера № 30 и второй — из двутавра № 30), были подвергнуты прочностным статическим испытаниям. Напряженное состояние несущих элементов кузова исследовалось при следующих видах испытательных нагрузок: вертикальной полуторной на верхний и нижний ярусы вагона — 30 т; вертикальной полуторной на нижний ярус — 12 т; продольных сжимающих и растягивающих силах 100 т и 250 т, приложенных по оси автосцепки; подъеме груженого и порожнего вагона домкратами, установленными под одним и под двумя концами шкворневой балки. Напряжения измерялись электрическими тензодатчиками сопротивления, показания которых регистрировались с помощью электронной усиливающей аппаратуры.

Величины суммарных напряжений в сечениях кузова, полученные экспериментальным путем, достаточно хорошо совпадают с расчетными. Полученные данные подтвердили необходимость проведения аналитических исследований по ликвидации слабых мест и приданию конструкции большей равнопрочности.

Первоначально исследовалось на АВМ «Альфа», как влияет изменение жесткости хребтовой и боковых продольных балок верхнего и нижнего ярусов на напряженное состояние кузова. Расчеты шести вариантов с измененными жесткостями на $\pm 20\%$ показали, что рассматриваемая система «хорошо обусловлена», т. е. небольшие изменения жесткости элементов не вызывают значительных изменений внутренних усилий в системе. Затем, с целью постепенного выбора оптимальных параметров, были рассчитаны еще 14 вариантов конструкции. Это позволило установить окончательные параметры сечений элементов кузова вагона. Произведенная оценка напряженного состояния улучшенного варианта конструкции показала, что суммарные напряжения во всех сечениях не превышают допускаемых.

В четвертой главе рассматриваются результаты ходовых динамических испытаний, испытаний на соударение и эксплуа-

тационных испытаний двух опытных образцов двухъярусных вагонов для перевозки легковых автомобилей.

Ходовым испытаниям на участке Голутвин-Озеры Московской железной дороги подвергались одновременно оба варианта вагона — один в груженом и другой в порожнем состоянии. В процессе исследований с помощью аппаратуры, установленной в вагоне-лаборатории, было произведено около 250 осциллографических записей динамических процессов. Осциллографирование осуществлялось на различных участках пути со скоростями до 120 км/ч.

Анализ результатов испытаний показал, что груженный автомобильный вагон подвергается в основном колебаниям галопирования (с частотой 3,1—3,5 гц), а порожний — подпрыгивания (4,1—5,6 гц). Наблюдаются, кроме того, колебания более низкой частоты, соответствующие боковой качке.

Максимальные коэффициенты перегрузок рессорных комплектов достигают на прямых у груженого вагона 0,3, а у порожнего — 0,52. На кривых эти величины равны соответственно 0,37 и 0,78. Уровень величин коэффициентов перегрузок рессор автомобильного вагона несколько ниже соответствующих значений коэффициентов полувагона — эталона.

Максимальные значения коэффициентов вертикальной динамики, подсчитанные по напряжениям в надрессорных балках тележек, практически одного порядка при движении на прямых и в кривых участках пути. Для груженого вагона они находятся в интервале 0,06—0,47, а для порожнего — 0,10—0,48.

Вертикальная динамика опытных вагонов дополнительно оценивалась замером вертикальных ускорений на нижнем и верхнем ярусах и внутри автомобиля, установленного на вагоне. Максимальные значения ускорений (0,46 g) не превосходят допускаемых.

Величины коэффициентов горизонтальной динамики оказались равными 0,23—0,27, т. е. значительно меньше нормативных. Горизонтальные ускорения груженого вагона не превышают 0,3 g. Таким образом, испытания показали, что динамические величины, характеризующие вертикальную и горизонтальную динамику вагонов, находятся в пределах допускаемых. При этом ходовые качества груженого двухъярусного вагона для перевозки автомобилей оказались не хуже ходовых качеств груженого четырехосного полувагона серийной постройки с тележками ЦНИИ-ХЗ-0, использованного в качестве вагона-эталона. На основании результатов испытаний была установ-

лена целесообразность выполнять рессорное подвешивание тележек с пятью двухрядными пружинами в каждом рессорном комплекте. Испытания подтвердили, что вагоны могут следовать по магистральным путям МПС со скоростью 120 км/ч.

Испытаниям на соударения подвергался груженный опытный вагон. Соударения производились вагоном-бойком весом брутто 84 тонны со скоростями до 10 км/ч. Удары производились в опытный вагон, как свободно-стоящий, так и сцепленный с группой груженных заторможенных вагонов. В вагон, сцепленный с группой вагонов, удары производились при одинаковых уровнях автосцепок и при разности уровней в 60 мм. Установлено, что суммарные напряжения при соударениях во всех сечениях, за исключением верхней боковой балки, в месте соединения ее с концевыми стойками не превышают допускаемых.

Эксплуатационные испытания вагонов состояли из трех этапов: проверка удобства и надежности заездов, установки, крепления и выезда автомобилей на макетном образце и на двух опытных вагонах; проверка удобства погрузки автомобилей в опытные вагоны на автозаводах; исследование работы и технического состояния вагонов в пробеге по маршруту Москва — Новосибирск — Алма-Ата — Ташкент — Ашхабад — Красноводск — Баку — Ереван — Тбилиси — Ростов — Запорожье с выгрузкой автомобилей на перечисленных станциях.

Заезды и установка автомобилей на двух опытных вагонах подтвердили, что на каждом вагоне размещается 17 автомашин типа ВАЗ-2101, «Москвич»-412, «Запорожец» или 8 «Волг» — ГАЗ-24. Все автомобили можно крепить как колесными упорами, так и цепями, за исключением автомашин ВАЗ-2101, которые, из-за отсутствия мощных буксировочных крюков, крепятся только колесными упорами.

Суммарный пробег опытных вагонов составил 14 000 км. Вагоны следовали в графиковых и сборных грузовых поездах весом от 2 до 5 тыс. тонн. Общее число горочных формирований на горках различного типа — около 25. Из Красноводска в Баку вагоны, груженные автомобилями, были переправлены на пароме; конструкция вагона обеспечивает его крепление и транспортировку по правилам, принятым на железнодорожных паромов. Замечаний при прохождении вагонами кривых, подъемов, уклонов (в том числе Сурамского перевала), туннелей различного профиля не было. Техническое состояние вагонов во время испытаний — нормальное.

В пятой главе проводится исследование сфер целесообразного применения специальных двухъярусных вагонов для перевозки легковых автомобилей и расчет экономической эффективности внедрения их в эксплуатацию.

Рассматриваются различные варианты транспортировки легковых автомобилей на железнодорожном транспорте. Установлено, что максимальную эффективность имеет вариант транспортировки всех автомобилей в специализированных вагонах в маршрутных поездах. Однако необходимо учитывать, что на большом полигоне сети образуется избыток порожняка (главным образом полувагонов). Наибольшее количество порожних полувагонов через города, в которых расположены автомобилестроительные заводы (Тольятти, Москва, Горький), направляется на Урал, в Сибирь, на Дальний Восток, в Казахстан, Среднюю Азию. Очевидно, что до насыщения вагонного парка в достаточной степени специальными вагонами, легковые автомобили в этих направлениях следует транспортировать в попутном порожняке. На основании проведенного анализа делается вывод о том, что рациональной в настоящее время является транспортировка 70% автомобилей в специальных вагонах в маршрутных поездах, а остальных 30% — в универсальных вагонах в общесетевых поездах. Возможен также вариант, при котором специализированные вагоны (особенно в первое время), будут следовать в общесетевых поездах.

Расчет экономической эффективности выполнен по методу расходных ставок. Коэффициент порожнего пробега принят равным 0,9. Некоторое уменьшение его вызвано встречными перевозками автомобилей. Сравнение эксплуатационных расходов проводилось для четырех вариантов перевозок автомобилей:

1. Только в универсальных вагонах в общесетевых поездах (существующий вариант).

2. Только в специальных вагонах в маршрутных поездах (наиболее эффективный вариант).

3. Перевозка 70% автомобилей в специальных вагонах в маршрутных поездах и 30% — в универсальных вагонах в общесетевых поездах (рациональный вариант).

4. Перевозка 70% автомобилей в специальных вагонах в общесетевых поездах и 30% — в универсальных вагонах в общесетевых поездах (возможный вариант).

Проведенным расчетом установлено, что при втором варианте перевозки (в сравнении с первым) годовая экономия на план выпуска автомобилей 1972 г. составит 20,9 млн. рублей,

при третьем варианте — 14,6 млн. рублей, а при четвертом — 13,1 млн. рублей. При транспортировке автомобилей по третьему и четвертому вариантам высвобождается около 6 тыс. единиц универсальных вагонов; кроме того, за счет снижения расходов на крепление автомашин, ежегодно экономится 2500 тонн проволоки, 35 000 м³ древесины, 560 тонн гвоздей.

Исследованиями установлено, и это весьма важно с точки зрения принципиального подхода к проблеме специализации грузовых вагонов, что несмотря на высокий коэффициент порожнего пробега (0,9), общие размеры движения специальных вагонов по сравнению с размерами движения универсальных вагонов, в случае перевозки в них легковых автомобилей, сокращаются на 59%.

Таким образом, проведенный расчет подтвердил технико-экономическую целесообразность скорейшего внедрения в эксплуатацию двухъярусных вагонов для перевозки легковых автомобилей.

ВЫВОДЫ

1. Вагонный парк железных дорог СССР пополняется в основном четырех-шести-восьмиосными универсальными вагонами повышенной грузоподъемности. Тенденция увеличения доли специализированных вагонов в общем парке грузовых вагонов в настоящее время не является определяющей.

2. В зарубежном вагоностроении и, в частности в вагоностроении США, наметилась тенденция создания большегрузных специализированных вагонов с одновременной универсализацией их для ограниченной номенклатуры грузов. Во всех странах мира, имеющих развитую автомобилестроительную промышленность, автомобили транспортируются в специальных вагонах. В США — в двух-трехъярусных четырехосных с однорядным размещением автомобилей, в Европе и Японии — в двухъярусных трехосных сочлененных с одно- и двухрядным размещением автомобилей. Погрузка и выгрузка производится на специально оборудованных базах.

3. Транспортировка легковых автомобилей на отечественных железных дорогах в универсальных вагонах технически и экономически нецелесообразна, так как грузоподъемность вагонов используется при этом на 4,0—7,0%.

4. Установлено, что максимальная ширина вагона, обеспечивающая двухрядное размещение малолитражных автомоби-

лей, может быть получена при длине вагона до 22 м. Технико-экономическое исследование и анализ особенностей эксплуатации специального подвижного состава показывают, что оптимальным является четырехосный двухъярусный вагон длиной по раме 20,8 м. Конструкция вагона должна обеспечивать: возможность эксплуатации как в маршрутных, так и в общесетевых поездах по всей сети железных дорог СССР, погрузку автомобилем, переезд автомобилей из вагона в вагон, двухрядную транспортировку в обоих ярусах, крепление автомобилей постоянными быстро устанавливаемыми устройствами. Основные узлы вагона (ходовые части, автосцепное и автотормозное оборудование) следует унифицировать с узлами серийно выпускаемых вагонов.

5. Конструкция вагонов, разработанная на основании проведенного в данной работе исследования, превосходит по основным технико-экономическим показателям (коэффициентам использования грузоподъемности и площади пола, погрузочному коэффициенту тары, количеству перевозимых в поезде автомобилей) лучшие зарубежные образцы аналогичных вагонов.

6. Напряженное состояние конструкции кузова двухъярусного вагона для перевозки автомобилей можно с достаточной для предварительного расчета степенью точности оценить по упрощенным плоской и пространственной стержневым схемам.

При проведении полного расчета расчетная схема строится для половины вагона, рассеченного вдоль оси хребтовой балки, а так как деформация поперечных балок и гофрированного пола верхнего яруса не оказывает существенного влияния на напряженное состояние конструкции, можно ограничиться боковыми продольными балками верхнего яруса. Расчетная схема в этом случае оказывается 21 раз статически неопределимой.

7. Оценка напряженного состояния двух вариантов кузова вагона, спроектированных и построенных на основании предварительных расчетов, показала, что в отдельных сечениях, суммарные напряжения в элементах кузова превышают допускаемые; в то же время жесткость некоторых балок возможно уменьшить без ущерба для прочности конструкции. Данные натурных испытаний опытных образцов подтвердили правильность выбранной методики и выполненных на ЭЦВМ «Урал»-3 расчетов.

8. Проведенные аналитические исследования позволили выбрать параметры элементов конструкции, близкие к оп-

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
іме. академіка Є. Забар'яна

17
НТБ
ДНУЖТ

70888a

тимальным. Расчет конструкции кузова, спроектированной с учетом рекомендаций настоящих исследований, показал, что суммарные напряжения во всех сечениях не превышают допустимых.

9. Установлено, что ходовые качества груженого вагона для перевозки автомобилей не уступают ходовым качествам груженого четырехосного полувагона серийной постройки с тележками ЦНИИ-ХЗ-0. Рекомендуется выполнять рессорное подвешивание тележек с пятью двухрядными пружинами в каждом рессорном комплекте. Вагоны могут следовать по магистральным путям МПС со скоростями до 120 км/ч.

10. В вагоне может транспортироваться 17 автомобилей типа ВАЗ-2101, «Москвич», «Запорожец» или 8 «Волг». Принятые способы крепления автомобилей на вагоне обеспечивают сохранность груза при скорости соударения до 7 км/ч, что соответствует установленным МПС нормам. Учитывая, что в эксплуатации скорость маневровых работ превышает допустимую, рекомендуется доработать конструкцию крепления, для того, чтобы гарантировать сохранность автомобилей при скорости соударения до 10 км/ч.

11. Самым эффективным является способ перевозки легковых автомобилей в специальных вагонах при 100% маршрутизации (годовая экономия — 20,9 млн. руб.) Наиболее близкими к реальным условиям эксплуатации являются в настоящее время варианты перевозки 70% автомобилей в специальных вагонах в маршрутных или общесетевых поездах и 30% в универсальных вагонах в общесетевых поездах (годовая экономия 13,1—14,6 млн. рублей). При этом высвобождается 5—6 тыс. единиц универсального подвижного состава, 50—60 локомотивов.

Несмотря на высокий коэффициент порожнего пробега специальных вагонов для перевозки легковых автомобилей, общие размеры движения их по сравнению с размерами движения универсальных вагонов, в случае перевозки в них автомобилей, сокращаются на 59%.

12. Проведенные исследования позволяют в 1970—1971 гг. начать производство и эксплуатацию специального двухъярусного подвижного состава для перевозки легковых автомобилей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих статьях:

1. ГОХМАН Ф. Г. К вопросу о выборе типа вагона для перевозки легковых автомобилей. Труды ВНИИВ, вып. 4, 1967.
2. ГОХМАН Ф. Г., МУЗАЛЕВ Г. Г. Определение оптимальных параметров и разработка конструктивной схемы специализированного вагона для перевозки автомобилей. Труды ВНИИВ, вып. 4, 1967.
3. ГОХМАН Ф. Г. Зарубежный опыт конструирования и эксплуатации специальных вагонов для перевозки легковых автомобилей. «Бюллетень технико-экономической информации», ЦИТИ МПС, № 7 (105), 1967.
4. ГОХМАН Ф. Г., МУЗАЛЕВ Г. Г., ХАСМАН И. Л. Расчет экономической эффективности вагона для перевозки легковых автомобилей. Труды ВНИИВ, вып. 7, 1968.
5. ГОХМАН Ф. Г., САВЧУК О. М., МОРОЗ И. К., АЛЕКСЕЕВ Г. И. Расчет на прочность двухъярусного вагона для перевозки автомобилей. Труды ВНИИВ, вып. 9, 1969.
6. ГОХМАН Ф. Г. Специальный вагон для перевозки автомобилей. «Транспортное машиностроение», № 5-69-3, 1969.

На конструкцию вагона получены следующие авторские свидетельства:

1. ГОХМАН Ф. Г. и другие. «Вагон для перевозки автомобилей». № 228061 с приоритетом от 27 января 1967 г.
2. ГОХМАН Ф. Г. и другие «Вагон для перевозки автомобилей». Свидетельство на промышленный образец № 388 с приоритетом от 10 октября 1967 г.

Результаты исследований доложены:

На научно-техническом Совете ВНИИ вагоностроения, Москва, 6/IX. 1967, 19/VI. 1969.

На первой республиканской конференции молодых ученых-железнодорожников в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 1/II. 1969.

На совместном заседании комиссий вагонного хозяйства и эксплуатации Научно-технического Совета МПС, Москва, 23/VI. 1969.

НТБ
ДНУЖТ

Л103895. 25/VII 1969 г. РПП 1. Зак. 5196. Тир. 250 экз.

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ