

МИНИСТЕРСТВО ШТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени М.И.Калинина

На правах рукописи

ДОНЧЕНКО Анатолий Владимирович

УДК 629.463.3:4.015:635.032.434

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЧЕТЫРЕХОСНОЙ ЦИСТЕРНЫ С ПОВЫШЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКОЙ
05.22.07 - Подвижной состав железных дорог и тяга поездов

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Днепропетровск - 1990

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта и в отраслевом отделе Всесоюзного научно-исследовательского института вагоностроения (г.Кременчуг)

Научный руководитель

доктор технических наук,
профессор Данович В.Д.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Котуранов В.Н.

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Богомаз Г.И.

Ведущее предприятие

ПО "Азовмаш"

Защита состоится "20" декабря 1990 г. в 14⁰⁰ час.

НТБ
ДНУЖТ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Рост объема перевозок наливных грузов железнодорожным транспортом, обеспечение их качества и сохранности создают предпосылки к необходимости проектирования новых конструкций вагонов-цистерн (в дальнейшем цистерн) с улучшенными технико-экономическими параметрами.

Разработанные в данной работе новые конструктивные схемы цистерн и их теоретическое обоснование направлены на решение указанных выше проблем и позволяют существенно сократить сроки проектирования новых конструкций цистерн.

В народном хозяйстве страны для перевозки нефтепродуктов, с учетом удельного веса последних, принята трехгрупповая специализация подвижного состава. Однако, в настоящее время в эксплуатационном парке МПС, по причине определенных трудностей отсутствуют конструкции цистерн для перевозки бензина с удельным объемом котла $1,4 \text{ м}^3/\text{т}$.

Разработка таких цистерн предусмотрена ГОСТ 26906-86 "Вагоны-цистерны для светлых нефтепродуктов магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические требования" и "Целевой программой реализации приоритетного направления "Грузовые вагоны высокой грузоподъемности". Транспортный комплекс. Приоритет 28.4. -М, 1988.

Теоретические и экспериментальные исследования, выполненные МИИТ, ПО "Азотмаш", ВНИИЕТ, ЛИИЕТ, ИТМ АН УССР, ЛИИТ, ВНИИВ, показали, что в процессе эксплуатации котлы цистерн подвергаются сложным интенсивным воздействиям. Особенно интенсивными являются изгибные колебания котла, которые увеличивают свое воздействие при увеличении его длины. В этой связи, актуальной является задача дальнейшего развития способов рас-

чета прочностных и динамических характеристик цистерн.

Цель работы. 1. Выполнение на базе разработанной в отраслевом отделе НИИВ первой очереди САПР-КВ и современных методических подходов к проектированию грузовых вагонов исследований по созданию новых конструктивных схем цистерн с использованием элементов функционального проектирования; 2. Проведение прочностного анализа предложенных конструктивных схем цистерн с помощью блочно-модульного принципа компоновки модели конструкции; 3. Проведение теоретических исследований динамической нагруженности элементов цистерн от случайных неровностей пути в вертикальной плоскости с учетом конечной жесткости опор, проверка усталостной прочности и оценка долговечности конструкции; 4. Разработка практических рекомендаций по построению новых конструктивных схем цистерн; 5. Использование результатов работы при составлении технического задания на разработку и освоение четырехосной цистерны с удельным объемом котла $1,4 \text{ м}^3/\text{т}$.

Общая методика исследования. В основу проведенных исследований положен отечественный и зарубежный опыт, накопленный при разработке новых конструкций цистерн и расчетных исследований по оценке прочностных качеств и динамической нагруженности, а также расчета экономического эффекта по рекомендуемому конструктивному решению новой цистерны. Теоретические исследования выполнены с использованием МКЭ и методов статической динамики.

Научная новизна. На основании обобщения опыта проектирования цистерн с использованием элементов функционального проектирования выполнены исследования по созданию новых конструктивных схем цистерн. Разработана методика анализа напряженно-деформированного состояния котлов цистерн во взаимосвя-

зи с их опорными частями. Разработана методика учета конечной жесткости опоры котла на основе конечно-элементного представления ее конструкции при исследовании динамической нагруженности цистерн. Изучено влияние различных конструкций опор котла на его прочностные качества. Разработана управляющая программа "TANK", предназначенная для автоматического формирования массива закреплений и нагрузок на элементы конструкции цистерны в виде отдельных документов программы "Лира" для расчета по методу конечных элементов.

Практическая ценность. Разработана новая конструктивная схема четырехосной цистерны с увеличенным объемом котла и повышенной нагрузкой от колесной пары на рельсы. Предложенные в работе методологические положения по созданию и исследованию прочностных качеств новых конструктивных схем цистерн с использованием блочно-модульного принципа компоновки модели конструкции, разработанного в отраслевом отделе ВНИИВ, характеризуются возможностью неоднократного формирования и преобразования структуры, формы, размеров, свойств и т.п., обеспечивающих замену или модификацию одной или нескольких подконструкций, без необходимости внесения изменений в оставшуюся часть, что особенно эффективно при многовариантных расчетных исследованиях и позволяют значительно сократить сроки разработки новых конструкций цистерн. Разработанная расчетная схема для исследования ее динамической нагруженности и алгоритм учета жесткости опоры позволяет учитывать конструкционные особенности котла, как тонкостенной упругой ободочки, опоры и тележек, что особенно важно знать уже на стадии раннего проектирования конструкции.

Реализация работы. Материалы диссертации являются составной частью НИР, направленной на создание цистерны для бензина

и других светлых нефтепродуктов с удельным объемом котла 1,4 м³/т и нагрузкой от колесной пары на рельсы 245 кН. Практические рекомендации по выбору новых конструктивных решений использованы при разработке технического задания на создание и разработку цистерны, а также могут быть использованы при разработке цистерн для перевозки широкой гаммы продуктов, перевозимых по железной дороге. Результаты исследований использованы также при разработке ГОСТ 26906-86 "Вагоны-цистерны для светлых нефтепродуктов магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические требования." Представленные в диссертации новые конструктивные схемы цистерн одобрены техническим совещанием от 06.12.88 при главном конструкторе вагоностроения ПО "Азовмаш". Методика исследования динамических качеств цистерн позволяет определить усталостную прочность и долговечность, а методика оценки прочностных качеств цистерн является составной частью САПР-КВ, первая очередь, которого разработана и внедрена в отраслевом отделе ВНИИВ и использована автором при проведении настоящих исследований.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на Всесоюзной конференции по проблемам механики железнодорожного транспорта, повышению надежности и совершенствованию конструкций подвижного состава (г. Днепропетровск, ЛИИТ, 1986 г.), на научно-техническом совете ВНИИВ (г. Москва, 1989 г.), на научно-практической конференции ЛИИТ, посвященной 180 - летию со дня основания ЛИИТ (г. Ленинград, 1989 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 4 статьи и один государственный стандарт, получено 5 авторских свидетельств и 3 положительных решения о выдаче авторских свидетельств.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованной литературы,

включающего 186 наименований, девяти приложений и содержит 120 страниц машинописного текста, 24 таблиц, 60 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Введение посвящено обоснованию выбранной темы и основных направлений исследований, здесь изложена цель диссертации.

В первом разделе приведен краткий обзор конструктивных особенностей и тенденций развития отечественных и зарубежных цистерн, основ функционального проектирования, методов расчета прочности и динамики вагонов, сформулированы задачи диссертации.

Большой вклад в изучение, разработку и совершенствование подвижного состава, а также в разработку вопросов исследования динамики и прочности подвижного состава и его взаимодействия с внешними объектами внесли советские и зарубежные ученые Е.П.Блохин, Ю.П.Бороненко, Г.П.Бурчак, Г.И.Богомаз, М.Ф.Вериго, С.В.Вершинский, В.М.Винокуров, М.М.Годыцкий-Цвирко, Л.О.Грачева, В.Д.Данович, Ю.В.Демин, И.П.Исаев, Л.А.Кальницкий, А.А.Камаев, В.А.Камаев, А.Я.Коган, М.Л.Корстенко, С.И.Кононенко, В.Н.Котуранов, Н.Н.Кудрявцев, Л.Д.Кузьмич, В.А.Лазаря, А.А.Львов, Л.А.Манашкин, Е.Н.Никольский, Л.Н.Никольский, В.С.Плоткин, А.А.Радзиховский, А.М.Резников, С.Ф.Редько, Ю.С.Ромен, А.Н.Савоськин, М.М.Соколов, Т.А.Тибилов, В.Ф.Ушкалов, А.А.Хохлов, В.Д.Хусидов, И.И.Челноков, Ю.М.Черкашин, И.Боммель, В.К.Гарг, Р.В.Дуккипати, Ю.Л.Кофман, Картер, Калкер, Кейне, Миллер, Г. Марье, Е.Шперлинг и др.

Анализ работ по системному подходу к разработке новой техники указывает на острую необходимость использования элементов функционального проектирования. При этом целевым ориентиром, определяющим требования к показателям качества будущего изделия, является техническое задание.

Сделанный краткий обзор тенденций развития конструктивных схем цистерн для перевозки жидких грузов, методов оценки их прочностных и динамических качеств, а также основ функционального проектирования позволил сформулировать следующие задачи диссертации:

выполнить исследования по созданию новых конструктивных схем цистерн с использованием элементов функционального проектирования и блочно-модульного принципа их построения;

разработать методологические подходы к формированию структурных схем моделей конструкции с использованием МКЭ и выполнить прочностные расчеты;

разработать управляющую программу, предназначенную для формирования массива закреплений и нагрузок на элементы конструкции цистерны, предусмотренных "Нормами для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных);

разработать методические положения и провести исследования динамической нагруженности котла с учетом жесткости опор;

произвести оценку усталостной прочности и долговечности цистерны с новой конструктивной схемой;

выполнить необходимые инженерные расчеты цистерны, имеющей новую конструктивную схему.

Второй раздел диссертации посвящен разработке новых конструктивных схем цистерн. Здесь приведены методические положения по созданию новых конструктивных схем цистерн с использованием элементов функционального проектирования. В соответствии с разработанной методикой произведен функциональный анализ известных конструкций, который позволил установить присущие им недостатки. Разработка новых конструктивных схем цистерн

велась с использованием достижений мирового и отечественного опыта. По разработанным с участием автора конструктивным предложениям получено 5 авторских свидетельств на изобретение и по 3 - получены положительные решения о выдаче авторских свидетельств. Всестороннему анализу подвергнуто 10 новых конструктивных схем цистерн, прочностные исследования которых, выполнены с использованием конечно-элементного подхода. В качестве характерных сечений для оценки напряженного состояния котла были приняты области с локальными изменениями жесткости котла (опорные зоны), а также его средняя часть. Причем процесс проектирования характеризуется формированием и неоднократным преобразованием его структуры, формы, размеров, свойств и т.п. и требует использования эффективных методов, обеспечивающих замену или модификацию одной или нескольких подконструкций без необходимости внесения изменений в оставшуюся часть. Такое требование легко реализуется с помощью блочно-модульного принципа компоновки конструкции. Программное средство реализовано в виде программы "СЕТКА" и выполняет:

генерацию сетки конечных элементов вида стержней, прямоугольных четырехугольников, прямоугольных треугольников, произвольных треугольников;

оптимизацию номеров узлов сгенерированной расчетной схемы с целью получения системы линейных уравнений для МКЭ с минимальной шириной ленты матрицы жесткости.

Программа аппроксимирует структурную схему вагона, полученную в результате работы пакета прикладных программ (ППП) "DIALOG", в конечно-элементную модель с ортогональной сеткой и сеткой из произвольных треугольников для отдельных модулей подконструкций или всей конструкции (рис.1). Результатом рабо-

Конечно-элементная модель с ортогональной сеткой

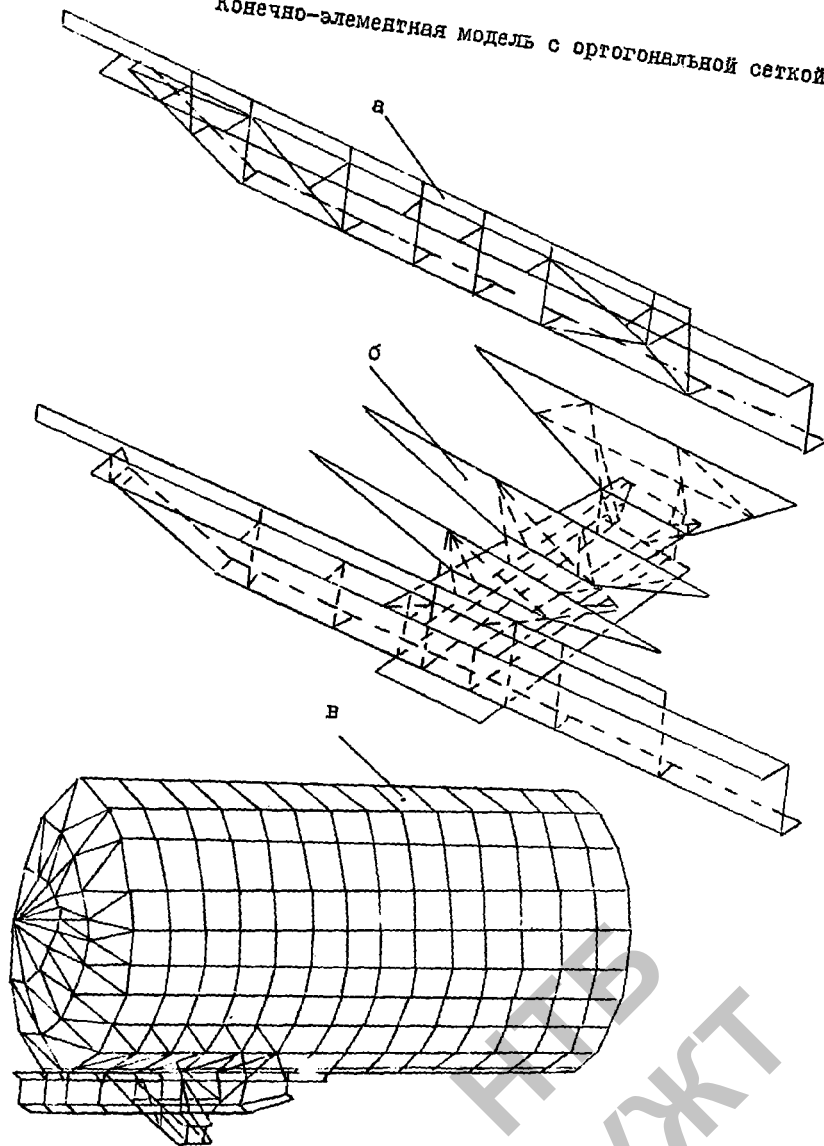


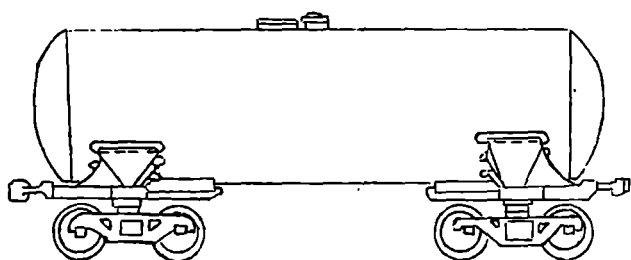
Рис. I

ты программ является файл данных о топологии конструкции во входном формате ППП "Лира". Вычисление энергетически эквивалентных усилий, действующих на конечные элементы при I и III режимах нагружения, осуществляется программой "ТАНК", которая служит также для определения номеров узлов и перемещений, на которые наложены связи в этих узлах. Выходным файлом программы "ТАНК" является входной файл программы "Лира". Результаты расчетных исследований прочностных качеств новых конструктивных вариантов цистерн показали, что напряжения в опорной зоне котла в значительной степени зависят от конструктивного исполнения опор и совокупной жесткости узлов, на которые опирается котел; при малой жесткости котел деформируется по типу оболочки со стрингерами или шпангоутами, однако введение дополнительных элементов в конструкции опор и расположение их соответствующим образом позволит снизить нагруженность опорной зоны котла; большая жесткость узлов опирания котла обуславливает высокий градиент напряжений в оболочке по верхней кромке котла с опорами.

В результате функционального и прочностного анализа к дальнейшим исследованиям рекомендована безрамная цистерна, показанная на рис.2, которая имеет сниженную металлоемкость на одну тонну в сравнении с рамными вариантами, а также величиной, указанной в технических требованиях заказчика на разработку новой конструкции.

В третьем разделе приводятся методика и результаты исследований динамической нагруженности конструкции цистерны. При исследовании колебаний цистерны с удлиненной базой (свыше 7800 мм), а также вагонов с несущим кузовом в виде оболочечной конструкции особую важность приобретают вопросы учета изгибной жесткости наддрессорного строения экипажа, например, котлов железнодорожных цистерн. Учитывая это, а также то, что при стан-

Конструктивная схема безрамной цистерны



Конструкция опоры

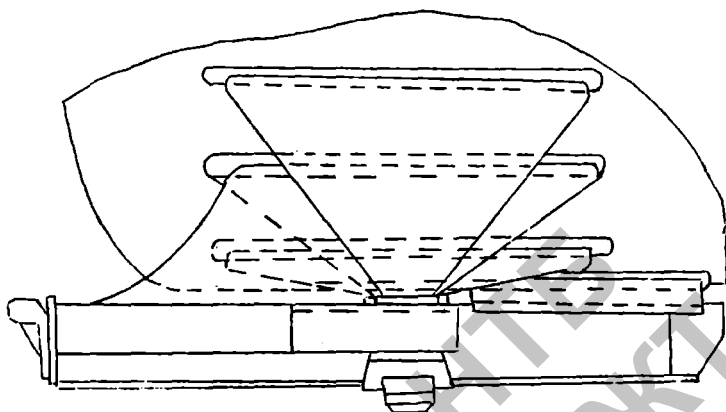


Рис.2

дартных недоливках котла (0, I R) волновые процессы на свободной поверхности груза практически не оказывают влияния на процесс колебаний вагона, в работе исследуются вертикальные колебания в продольной плоскости симметрии.

В основе математической модели для исследования динамического поведения конструкции в вертикальной продольной плоскости симметрии используется аппарат теории обыкновенных дифференциальных уравнений, а сами уравнения получены на основе уравнений Лагранжа II рода. Кинетическая и потенциальная энергии динамической системы определяются как суммы кинетических и потенциальных энергий конструктивных элементов цистерны, при определении которых для котла используется методика расчета динамических характеристик котлов цистерн, разработанная в МИИТе, которая базируется на гипотезе полубезмоментной теории оболочек, а расчетные зависимости выводятся на основе метода Ритца, а для опор и тележек — на основе МКЭ. С учетом расчетной схемы (рис.3) поле радиальных перемещений точек срединной поверхности оболочки задается в виде ряда:

$$W = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} W_{m,n}(t) \sin \lambda_m x \cos n \beta, \quad (I)$$

где $W_{m,n}(t)$ — коэффициенты ряда зависящие от (t) ;

$\lambda_m = \frac{m\pi}{L}$, m — номер ряда при разложении перемещения вдоль образующей оболочки;

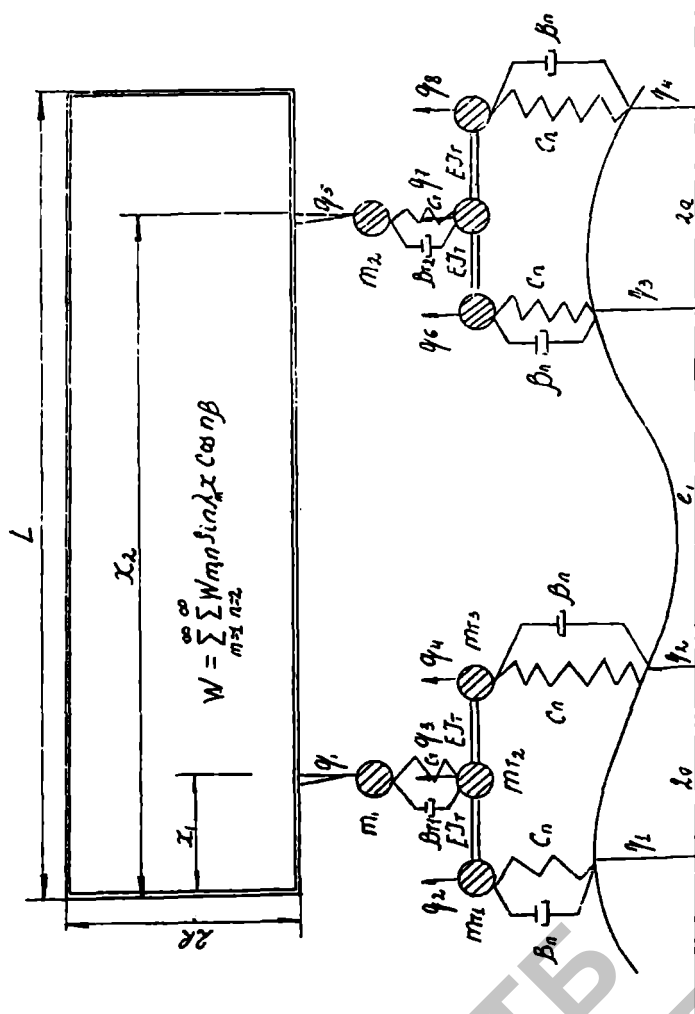
L — длина цилиндрической части котла;

x — координата, отсчитываемая от левой опорной диафрагмы вдоль котла;

n — номер члена ряда при разложении перемещений по дуге оболочки;

β — угловая координата, отсчитываемая против вращения часовой стрелки от нижнего конца вертикального диаметра.

Расчетная схема четырехслойной безрамной цистерны



С целью упрощения исследования колебаний котлов безрамных конструкций цистерн учет влияния опоры на колебательный процесс котла предлагается осуществлять введением в соответствующие матрицы системы линеаризованных дифференциальных уравнений величины жесткостных и инерционных параметров опоры может быть осуществлен путем рассмотрения конечно-элементной расчетной схемы, в которой к узлам, сопрягающимся с котлом, поочередно прикладываются единичные силы, а жесткость, соответствующая данному узлу, определяется как величина, обратная величине перемещения точки приложения единичной силы:

$$G_i = \frac{1}{\delta_i}, \quad (2)$$

где δ_i — перемещение i -го узла от единичной силы $P_i = 1$, приложенной к этому узлу, и определяемое из решения системы уравнений:

$$[K] \cdot \{\delta\} = \{P\}, \quad (3)$$

где $[K]$ — матрица жесткости ансамбля конечных элементов опоры;

$\{\delta\}$ — вектор узловых перемещений;

$\{P\}$ — вектор узловых сил, все элементы которого равны 0, за исключением элемента, соответствующего i -му узлу.

Тогда матрица жесткости для оболочки запишется в виде:

$$[F_K] = \int_0^L \left(\sum_{\kappa, \beta} [B]^T [D_{\kappa\beta}] [B] \cdot R d\beta \right) dx + \sum_{\kappa} \{f_{m,n}^i\}^T [G_i] \{f_{m,n}^i\} \quad (4)$$

где $[B]$ — матрица, аппроксимирующая поле деформаций оболочки;

$[D_{\kappa\beta}]$ — матрица коэффициентов жесткости κ — ой панели;

R — радиус срединной поверхности котла;

β — центральный угол, соответствующий κ — ой панели;

$\{f_{m,n}^i\}$ — функция формы, члены которой определяются по

формуле:

$$f_{m,n}^i = \sin \lambda_m x \cos n \beta_i \quad (5)$$

где обозначения приняты те же, что и в формуле (I). Уравнения, описывающие процесс колебаний котла, запишутся в виде:

$$([M]_K + [M]_{on}) \{\ddot{W}_{m,n}\} + [Z]_K \cdot \{W_{m,n}\} = \{F\}, \quad (6)$$

где $[M]_K$ — матрица инерции котла;

$[Z]_K$ — матрица жесткости котла;

$\{F\}$ — вектор возмущающих сил;

$[M]_{on}$ — матрица жесткости опор.

Среднее значение коэффициента динамики обрессоренных частей вагона для всего диапазона скоростей движения определим по формуле:

$$K_d = \sum K_{di} \cdot P(v_i), \quad (7)$$

где K_{di} — значение коэффициента динамики при i -ой скорости;

$P(v_i)$ — вероятность движения вагона с i -ой скоростью.

После определения динамических характеристик предлагаемой конструктивной схемы, проведена проверка усталостной прочности и определен срок службы. Исследования показали следующее:

среднее значение коэффициента динамики обрессоренных частей предлагаемой цистерны составляет $K_d = 0,1394$ и согласно НТД соответствует оценке динамических качеств вагона "отлично";

наиболее нагруженным является участок котла в сечении по краю опоры со стороны середины котла при скорости движения 120 км/ч, где величина максимальных значений динамических напряжений составляет 22 МПа;

коэффициент запаса усталостной прочности котла равен 2,36

и является достаточным.

Долговечность конструкции, работающей в условиях динамического нагружения, по критерию усталостного повреждения равна 42,5 года.

Четвертый раздел посвящен исследованиям качества хода цистерны и вписывания в габарит. Численные результаты показали положительные результаты. Исследования оценки качества хода цистерны выполнялись по разработанной в отраслевом отделе ВНИИВ программе "VORVA" на ЭВМ СМ - I420 в операционной системе ОСРБ.

В пятом разделе приводится расчет экономического эффекта от внедрения новой конструкции цистерны, величина которого, в расчете на одну цистерну, составила 12532 рубля.

5509a Кроме того, в диссертации приведен также ряд инженерных расчетов, выполненных автором диссертации при составлении технического задания на освоение и разработку цистерны с удельным объемом котла $1,4 \text{ м}^3/\text{т}$ и нагрузкой от колесной пары на рельсы 245 кН (модель I5-I627).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании обобщения отечественного и зарубежного опыта проектирования цистерн и с учетом использования элементов функционального проектирования, на базе разработанной в отраслевом отделе ВНИИВ первой очереди САПР-КВ и современных методологических подходов к проектированию грузовых вагонов выполнены исследования по созданию конструктивных схем цистерн, с оценкой их прочностных качеств и технико-экономическим обоснованием.

2. Разработана методика анализа прочностных характеристик котлов цистерн во взаимосвязи с их опорными частями, позволяющая широко исследовать области с локальными изменениями жесткости котла, а, следовательно, путем подбора соответствующих мо-

дулей подконструкций опоры наиболее рационально распределить силовое воздействие на котел и на опорные элементы.

3. Разработана управляющая программа "ТА А/К", предназначенная для автоматического формирования массива закреплений и нагрузок на элементы конструкции цистерны, предусмотренных

Нормами для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)", ВНИИВ - ВНИИЖТ - 1983, -254 с., в виде 5,6,7 документов программы "Дира" для расчета по методу конечных элементов.

4. Предложенная расчетная схема цистерны для исследования ее динамической нагруженности учитывает конструктивные особенности котла, как тонкостенной упругой оболочки, конечные жесткости опоры и тележек.

5. Разработана методика учета конечной жесткости котла на основе конечно-элементного представления его конструкции путем решения системы линейных уравнений относительно перемещений соответствующих узлов от единичных узловых нагрузок.

6. Результаты выполненных исследований (в том числе с использованием метода функционального анализа) четырех различных вариантов рамной и безрамной конструктивных схем с шестью вариантами опор позволили выбрать рациональную с учетом действующей на ПО "Азовмаш" технологией производства, безрамную конструкцию. Предлагаемая конструкция обеспечивает возможность установки буферов.

7. Реализация безрамной конструкции с котлом равной толщины для цистерны с нагрузкой от колесной пары на рельсы 228 кН позволит достичь снижения металлоемкости по сравнению с выпускаемой в настоящее время цистерной модели 15-1547 на 568 кг и обеспечить реализацию перспективной технологии.

8. Результаты исследований динамической нагруженности кот-

ла предлагаемой конструктивной схемы показали: среднее значение коэффициента динамики обрессоренных частей цистерны модели И5-1627 составляет $k_d = 0,1394$ и согласно "Норм..." соответствует оценке динамических качеств вагона "отлично"; наиболее нагруженным является участок котла в сечении по краю опоры со стороны середины котла, при скорости движения 120 км/ч, где величина максимальных значений динамических напряжений составляет 22 МПа.

9. Исследования динамического процесса в условиях стохастического воздействия на цистерну, с учетом разработанного в работе алгоритма учета жесткости опоры показали, что опора оказывает значительное влияние на характер протекания динамических процессов в котле цистерны, это особенно важно знать уже на стадии раннего проектирования конструкции.

10. В результате решения системы дифференциальных уравнений, описывающих вертикальные колебания конструкции цистерны, определены коэффициенты запаса сопротивления усталости для котла и его долговечности по критерию усталостного повреждения, что позволило оценить эффективность конструктивного решения вагона. Коэффициент запаса усталостной прочности котла равен 2,36 при допуске $[2,2]$, а долговечность 42,5 года при установленной НТД 32 года.

11. Перспективным направлением в проектировании цистерн следует признать применение в их конструкции котла с предварительно напряженной оболочкой, т.е. с оболочкой, в элементах которой созданы напряжения, равные по величине и обратные по знаку напряжениям, возникающим от воздействия эксплуатационных нагрузок при грузном режиме, что позволит снизить металлоемкость котла, повысить надежность и долговечность конструкции. Расчет напряженно-деформированного состояния котла показал, что максимальные напряжения могут быть снижены в два и более раза.

12. Использование в народном хозяйстве предложенной конст-

продукции обеспечит достижение экономического эффекта 12532 рубля.

13. Изложенные в настоящей работе результаты исследований использованы при разработке технического задания и карты технического уровня и качества продукции на создание и разработку цистерны для бензина, с удельным объемом котла $1,4 \text{ м}^3/\text{т}$ и нагрузкой от колесной пары на рельсы 25 тс, а также при разработке ГОСТ 26906-86.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

а) статьи:

1. Водяников Ю.Я., Донченко А.В. Учет эмпирического распределения плотности бензинов при выборе основных параметров вагонов-цистерн. Передовой производственный опыт и научно-технические достижения в тяжелом, энергетическом и транспортном машиностроении: ЦНИИТЭИтяжмаш. - серия 9, вып. 15. - С.35-37;

2. Донченко А.В., Водяников Ю.Я., Лагута В.С. Об учете жесткости опор при исследовании колебаний котлов вагонов-цистерн. Исследования и испытания вагонов: Сб. науч. тр./ ВНИИВагоностроения, 1989, С. 86-91;

3. Донченко А.В., Лагута В.С. Новые конструкции вагонов-цистерн за рубежом: Обзор.-М. : ЦНИИТЭИтяжмаш, 1988. - 28., ил. - 3., (Транспортное оборудование. Сер.5. Вып.5). Библиог., 24 (14 назв.).

4. Лагута В.С., Донченко А.В., Водяников Ю.Я. Анализ конструктивных вариантов вагонов-цистерн. - Развитие конструкций вагонов. Анализ результатов испытаний и эксплуатации. Сб. науч. тр./ ВНИИВагоностроения, 1988, С 58-64.

б) опубликованные тезисы докладов:

Донченко А.В. Проблемы проектирования железнодорожных ва-

гонов-цистерн с повышенными осевыми нагрузками и со сниженной удельной материалоемкостью. Пробл. мех. ж-д трансп.: Повыш. надеж. и соверш. конструкций подвиж. состава. Тез. докл. Всес. конф., Днепропетровск, май, 1988." Днепропетровск, 1988, - С.82.

в) нормативно-технические и технические документы:

1. ГОСТ 26906 - 86. Вагоны-цистерны для светлых нефтепродуктов магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические требования. Введ. 01.01.87. - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 3 с. ил. - УДК 629.463.32:006.354 Группа Д 52 СССР;

2. А.с. 1100170 СССР. Узел крепления котла на раме транспортного средства / Лагута В.С., Холод Ю.А., Донченко А.В., Олещак В.С., Бубнов В.М., Далуев Е.А. - 3532204/27-II; Заявлено 27.12.82; Опубл. 30.06.84. Бюл. № 24;

3. А.с. 1169686 СССР. Железнодорожная цистерна / Холод Ю.А., Донченко А.В., Лагута В.С., Олещак В.С., Бубнов В.М., Далуев Е.А., Герман Р.М. - Заявлено 24.05.83; Опубл. 30.07.85: Бюл. № 28;

4. А.с. 1207867 СССР. Железнодорожная цистерна / Водяников Ю.Я., Лагута В.С., Донченко А.В., Холод Ю.А., Головкин Л.А., Бубнов В.М., Далуев Е.А. - № 38011495/27-II; Заявлено 16.10.84.; Опубл. 30.01.86. Бюл. №4.

5. А.с. 1402466 СССР. Железнодорожная цистерна / Водяников Ю.Я., Донченко А.В., Олещак В.С., Лагута В.С., Холод Ю.А., Бекасов Ю.А. - Заявлено 10.11.86; Опубл. 15.06.88. Бюл. № 22;

6. А.с. 1438997 СССР. Опорный узел котла железнодорожной цистерны / Радзиковский А.А., Донченко А.В., Водяников Ю.Я., Лагута В.С., Перель И.Л., Бубнов В.М. - Заявлено 21.01.87; опубл. Бюл. № 43.



Донченко Анатолий Владимирович

"Разработка конструкции и расчетные исследования четырехосной цистерны с повышенной осевой нагрузкой"

05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов

Подписано к печати 02.11.90. Формат 60х84 1/16. Бумага для множительных аппаратов. Ротапринт. Усл.печ.л.1,1.

Уч.-изд.л.1,0.Тираж 100 экз.Заказ 974. Бесплатно

Участок оперативной полиграфии ДИИТа

320700, ГСП, Днепропетровск, 10, ул. Акад. В.А.Лазаряна, 2

НТБ
ДНУЖТ