

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ М.И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

МЯКИШЕВ ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ

УДК 621.869.888.539.4

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОСНОВНЫХ
НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ
КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ С УЧЕТОМ
УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТРАНСПОРТЕ

05.22.07 - Подвижной состав железных дорог
и тяга поездов

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

ДНЕПРОПЕТРОВСК
1990

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском ордена Трудового Красного Знамени институте инженеров железнодорожного транспорта им. М.И.Калинина

Научный руководитель - Заслуженный работник высшей школы УССР, доктор технических наук, профессор Е.П. Блохин

Научный консультант - кандидат технических наук, старший научный сотрудник С.А. Кострица

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор А.А. Львов

- кандидат технических наук, доцент А.М. Бабаев

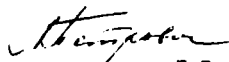
Ведущее предприятие - Всесоюзный научно-исследовательский институт вагоностроения.

Защита диссертации состоится "29" июня 1990 г. в 13 ч. 00 мин. на заседании специализированного Совета К П4.07.01 в Днепропетровском ордена Трудового Красного Знамени институте инженеров железнодорожного транспорта им.М.И.Калинина по адресу: 320700, ГСП, Днепропетровск, ул. Академика Лазаряна, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "28" июня 1990 г.

Ученый секретарь
Специализированного Совета
кандидат технических наук,
доцент



Л.В. ПЕТРОВИЧ

НТБ
ДНУЖТ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современный этап развития контейнерной транспортной системы, как одной из составляющих транспортной системы страны, осуществляется в условиях значительного увеличения перевозок грузов в крупнотоннажных контейнерах на железнодорожном и других видах транспорта, что делает необходимым развитие и совершенствование отечественного парка крупнотоннажных контейнеров.

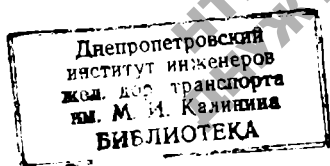
5455a

Внутри страны основная часть крупнотоннажных контейнеров эксплуатируется на железнодорожном транспорте. Кроме того отечественные крупнотоннажные контейнеры эффективно используются в работе международных контейнерных линий и экспортируются во многие страны в условиях конкуренции с иностранными компаниями. В связи с этим контейнеростроительные заводы должны изготавливать конкурентоспособные крупнотоннажные контейнеры, что достигается снижением их металлоемкости, повышением вместимости, надежности, качества и увеличением сроков эксплуатации. Учитывая, что программными документами поставлены задачи по резкому снижению конструктивной и удельной металлоемкости в отраслях народного хозяйства, а крупнотоннажные контейнеры представляют собой цельносварные металлические конструкции, весьма актуальной является задача снижения металлоемкости контейнера.

Решение этой важной задачи может быть получено на этапе проектирования. Оно должно быть комплексным и включать совершенствование проектирования контейнеров, технологии изготовления и ремонта. Максимально возможное снижение металлоемкости контейнера в процессе проектирования может быть достигнуто при использовании методов оптимизации конструкции, которые в контейнеростроении до настоящего времени не применялись.

Поэтому можно считать, что работа по созданию методики выбора оптимальных параметров несущих элементов конструкции крупнотоннажных контейнеров является актуальной и имеет практическую значимость.

Цель настоящей работы состоит в создании методики выбора оптимальных параметров элементов крупнотоннажного контейнера с учетом нагрузок, возникающих в условиях эксплуатации на транспорте. Основными направлениями исследований являются :



- теоретическое исследование напряженно-деформируемого состояния элементов крупнотоннажного контейнера от действия нагрузок, предусмотренных правилами типовых испытаний крупнотоннажных контейнеров ;

- разработка алгоритма и программы оптимизации параметров элементов контейнера ;

- выбор оптимальных параметров некоторых несущих элементов контейнера на базе разработанных алгоритма и программы.

Методы исследования. В работе применён метод конечных элементов в форме метода перемещений. Для решения задачи оптимизации параметров элементов контейнера применен метод условной оптимизации, известный как метод проекции градиента. Результаты теоретических расчетов сравнивались с данными проведенных при выполнении работы экспериментальных исследований.

Научная новизна

- на основании анализа теоретических и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния крупнотоннажного контейнера сделан вывод о возможности снижения металлоемкости его элементов ;

- разработана методика выбора оптимальных параметров элементов конструкции крупнотоннажного контейнера, основанная на применении одного из методов условной оптимизации (метода проекции градиента) и метода конечных элементов ;

- предложен способ, позволяющий упростить процедуру метода проекции градиента при использовании стандартной программы, реализующей МКЭ ;

- с использованием предложенной в работе методики проведен выбор оптимальных параметров основных несущих элементов крупнотоннажного контейнера.

Практическое значение. Разработанная методика позволяет на стадии проектирования новых и усовершенствования серийных крупнотоннажных контейнеров производить выбор оптимальных параметров элементов при различных эксплуатационных нагрузках. На основании проведенных исследований определены оптимальные параметры некоторых основных несущих элементов серийного крупнотоннажного контейнера типоразмера ICC.

Приведенная в работе методика может быть использована для определения оптимальных параметров элементов вагонов и других механических систем.

НТБ
ДНУЖТ

Внедрение результатов. Результаты работы внедрены на контейнерном производстве Ильичевского судоремонтного завода. С учетом выполненных исследований внесены изменения в техническую документацию на крупнотоннажный контейнер проекта КТ90. Внедрение результатов исследований позволило улучшить технические характеристики контейнера и получить значительный экономический эффект.

Алгоритмы и программа оптимизации, полученные в работе, используются в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта и Ильичевском судоремонтном заводе.

Апробация работы. Основные положения работы доложены на Всесоюзной конференции "Проблемы механики железнодорожного транспорта" (Днепропетровск, 1988), городском научном семинаре по общей механике (г.Днепропетровск, 1990).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Структура работы. Диссертация состоит из четырех глав, введения, заключения и списка литературы. Работа содержит 105 страниц машинописного текста, 31 рисунок, 18 таблиц, 4 приложения, список литературы из 132 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование необходимости разработки методики оптимизации параметров элементов крупнотоннажных контейнеров.

В первой главе рассмотрена перспективность крупнотоннажных контейнеров. Приводится характеристика современных методов анализа напряженно-деформированного состояния крупнотоннажных контейнеров и обзор работ по оптимальному проектированию инженерных конструкций. Приводится описание крупнотоннажного контейнера. Поставлены задачи диссертации.

В настоящее время контейнерные перевозки являются наиболее современным и экономичным способом доставки грузов от отправителя до получателя без перегрузки грузов в пути их следования. Основную часть мирового контейнерного парка, около 88 %, составляют универсальные крупнотоннажные контейнеры, которые предназначены для перевозки тарно-штучных грузов преимущественно без транспортной тары железнодорожным, водным и автомобильным транспортом. Габаритные размеры и масса брутто крупнотоннажных контейнеров определены требованиями международных стандартов, разработанных Техническим Комитетом IО4 "Грузовые контейнеры" Международной Орга-

низации по Стандартизации (ИСО). Техническим Комитетом 104 разрабатываются в настоящее время стандарты перспективных контейнеров шириной 2,6 м и высотой 2,9 м.

Отечественный парк крупнотоннажных контейнеров состоит в основном из крупнотоннажных контейнеров типоразмеров IC и ICC и непрерывно пополняется контейнерами типоразмера ICC массой брутто 24 т, выпускаемыми отечественными контейнеростроительными предприятиями.

Исследования по разработке теоретических основ, определению эффективности и рациональных областей использования крупнотоннажных контейнеров нашли отражение в трудах Э.К.Блинова, Г.П.Гриневича, А.Т.Дерибаса, К.Н.Клименко, А.А.Львова, Л.А.Когана, Х.А.Локшина, В.Т.Осипова, Ф.А.Пладиса, Н.В.Сотского и др. авторов.

Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния крупнотоннажных контейнеров при статических нагрузках, соответствующих различным режимам его эксплуатации, проводятся ВНИИВом.

В последние годы при исследовании прочности инженерных конструкций применяется метод конечных элементов (МКЭ), который по сравнению с другими методами получил наиболее широкое распространение. Исследования напряженно-деформированного состояния контейнеров с применением МКЭ проводятся ДИИТом и ВНИИВом. С целью выбора рациональных параметров элементов контейнера проводятся многовариантные расчеты, однако при этом количество вариантов из-за больших затрат машинного времени ЭВМ ограничивают, и может оказаться, что оптимальные элементы находятся в числе нерассмотренных вариантов.

В связи с тем, что работы по оптимальному проектированию элементов конструкции контейнеров отсутствуют, и, учитывая, что конструкции вагонов наиболее близки из всех инженерных конструкций к конструкциям крупнотоннажных контейнеров, был выполнен анализ работ по оптимальному проектированию в вагоностроении.

Наиболее известными работами по оптимальному проектированию элементов конструкции подвижного состава железных дорог являются работы И.В.Лазарева, В.П.Лозбинова, Е.Н.Никольского, О.М.Савчука, В.А.Царапкина и других авторов.

Во многих работах применяются градиентные методы превосходящие по быстрдействию другие широко известные методы оптимизации.

Поэтому, учитывая, что проблема оптимального проектирования в контейнеростроении является актуальной, было признано целесооб-

разным провести исследования в направлении, которое было бы естественным продолжением работ в области вагоностроения применительно к крупнотоннажным контейнерам.

Приведено описание конструкции крупнотоннажного контейнера типоразмера ICC проекта К190, разработанного Ильичевским судоремонтным заводом, и поставлена задача исследований.

Во второй главе дается краткое обоснование применяемых для исследования напряженно-деформированного состояния элементов конструкции контейнера метода конечных элементов и программы расчета. Приводится описание расчетных схем. Дается сопоставление результатов расчетов с данными экспериментальных исследований.

В эксплуатации на крупнотоннажный контейнер действуют значительные по величине динамические нагрузки. Эквивалентные статические нагрузки, имитирующие эксплуатационные режимы и регламентированные международными и отечественными стандартами, являются определяющими при проектировании контейнера.

В результате анализа предыдущих работ, в которых исследовалось напряженно-деформированное состояние элементов контейнера выявлено, что для исследуемых в данной работе элементов конструкции контейнера основными являются следующие виды нагрузок :

- угловая стойка - штабелирование ;
- поперечные балки основания - нагрузка пола и основания ;
- нижняя продольная балка - сжатие и растяжение основания ;
- боковая стенка - нагрузка боковых стенок ;
- дверь - нагрузка торцевых стенок.

Сложность конструкции контейнера не дает возможности учесть все конструктивные и технологические особенности реального объекта, поэтому в расчетные схемы вводились ряд допущений, не оказывающих значительного влияния на точность определения напряжений в исследуемых элементах. Разработка расчетных схем выполнена на основании анализа результатов ранее выполненных расчетов напряженного состояния контейнера по полной и специальным расчетным схемам.

Расчетные схемы для исследования напряженно-деформированного состояния задней угловой стойки, нижней дверной и промежуточных балок основания, балок каркаса створки двери выбраны в виде пространственных пластинчато-стержневых систем, а нижней продольной балки и боковой стенки - пространственных пластинчатых систем.

Сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными показало удовлетворительную точность разработанных расчетных схем. В то же время при сравнении максимальных напряжений в исследуемых элементах с допускаемыми напряжениями выявлено, что имеется возможность снижения металлоемкости конструкции контейнера.

В третьей главе описывается общая схема оптимизационного процесса, построенная на основе метода проекции градиента. Дается описание целевой функции, позволяющей оптимизировать конструкцию из условия минимума массы, а так же функций, задающих ограничения. Приводится описание алгоритма и программного обеспечения, используемого при проведении оптимизационных расчетов. В заключении главы приведены результаты тестирования программы на контрольных примерах.

Крупнотоннажный контейнер характеризуется многими критериями качества. Наиболее общим критерием является стоимость затрат на его изготовление и эксплуатацию. Минимальную стоимость будет иметь контейнер с минимальной собственной массой и наиболее высоким показателем технологичности. Ввиду того, что рассматривается конструкция серийного контейнера, то показатели технологичности его элементов могут быть улучшены на основании анализа данных о технологии их изготовления, эксплуатации и ремонте. Поэтому основную трудность составляет задача достижения минимума собственной массы конструкции контейнера, которая не может быть решена простым перебором вариантов.

При решении задачи минимизации массы конструкции крупнотоннажного контейнера поперечные сечения каждого элемента представляются совокупностью прямоугольников, поэтому функция цели, представляющая собой объем оптимизируемых элементов, имеет вид :

$$F(X) = \sum_{i=1}^N L_i A_i = \sum_{i=1}^N L_i \sum_{j=1}^{m_i} s_{ij} \delta_{ij} \quad , \quad (I)$$

где L_i и A_i - длина и площадь i -го элемента конструкции; s_{ij} и δ_{ij} - длина и ширина j -го прямоугольника в сечении i -го элемента; N - число оптимизируемых элементов; m_i - число прямоугольников в сечении i -го элемента; $X = (x_1, x_2 \dots x_m)$ - вектор управляемых параметров, компонентами которого являются величины s_{ij} и δ_{ij}

Так как для моделирования поведения конструкции применяется метод конечных элементов, уравнение состояния можно записать так:

$$K(X) \cdot Z = S(X) \quad ,$$

где $K(X)$ - глобальная матрица жесткости ансамбля конечных элементов конструкции ; $S(X)$ - вектор приведенных нагрузок в узлах ; Z - вектор размерности n переменных состояния.

Ограничения могут быть представлены в виде :

$$\frac{[b_i]}{b_i^{\max}} - 1 \geq 0 \quad \begin{matrix} (i = \overline{1, l_1}) \\ (i = \overline{1, l_2}) \end{matrix}, \quad (2)$$

где a_i и b_i - ограничения на значения параметров проектирования.

Под оптимальными параметрами понимаются те значения компонентов вектора X , при которых функция цели достигает минимума.

При использовании метода проекции градиента, как и при других градиентных методах, сначала задается начальное приближение вектора X . В этой начальной точке, основываясь на локальном поведении функции цели и функций задающих ограничения, определяется направление поиска. Приращение вектора X в найденном направлении $X^{j+1} = X^j + \delta X^j$ дает новое приближение к оптимальной конструкции. При этом основной отличительной чертой метода проекции градиента является то, что на каждом шаге итераций функция цели $F(X)$ уменьшается, а ограничения не нарушаются.

Вектор δX - приращений параметров проектирования определяется из соотношения

$$\delta X = -t \delta X' + \delta X'' , \quad (3)$$

где $\delta X''$ - вектор, задающий необходимую коррекцию невязок в ограничениях, $\delta X'$ - вектор направления спуска для целевой функции, t - параметр шага.

Для определения векторов $\delta X'$ и $\delta X''$ используются следующие зависимости

$$\begin{aligned} \delta X' &= W^{-1} [\xi + \eta \mu] , \\ \delta X'' &= W^{-1} \eta \mu_2 , \end{aligned} \quad (4)$$

где W - положительно определяемая весовая матрица переменных проектирования размерности $[m \times m]$; ξ - градиент функции цели ; η - матрица размерности $[m \times k]$, столбцами которой являются градиенты функции задающих ограничения ; μ_1 и μ_2 - векторные множители размерности k .

Компоненты множителей μ_1 и μ_2 вычисляются из соотношений

$$\begin{aligned} [\eta^T W^{-1} \eta] \mu_1 &= -\eta^T W^{-1} \xi, \\ [\eta^T W^{-1} \eta] \mu_2 &= -\Delta \psi, \end{aligned} \quad (5)$$

где $\Delta \psi$ - вектор невязок в ограничениях.

Введем обозначения

$$D_1 = \eta^T W^{-1} \eta, \quad D_2 = \eta^T W^{-1} \xi \quad (6)$$

Тогда (5) можем записать в виде

$$\begin{aligned} D_1 \mu_1 &= -D_2 \\ D_1 \mu_2 &= -\Delta \psi \\ \mu &= \mu_1 + \frac{1}{2} \mu_2. \end{aligned} \quad (7)$$

Вектор μ играет важную роль в алгоритме оптимизации, так как если все компоненты вектора μ больше нуля, то решение, полученное на данном шаге, удовлетворяет необходимым условиям минимума функции цели (условиям Куна-Таккера). С другой стороны, если некоторые компоненты вектора μ меньше нуля, то на данном шаге итерации можно получить лучшие результаты простым исключением из рассмотрения соответствующих ограничений.

Из соотношения (4) видно, что для вычисления вектора приращений параметров δX на каждом шаге итерации необходимо определить значения компонентов векторов ξ и матрицы η . Из приведенных выше определений можем записать аналитические выражения для их определения

$$\xi = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(X)}{\partial x_1} \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_m} \end{bmatrix} = \frac{\partial F(X)}{\partial X}, \quad \eta = \begin{bmatrix} \frac{\partial \psi_1}{\partial x_1} & \frac{\partial \psi_2}{\partial x_1} & \dots & \frac{\partial \psi_k}{\partial x_1} \\ \frac{\partial \psi_1}{\partial x_2} & \frac{\partial \psi_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial \psi_k}{\partial x_2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial \psi_1}{\partial x_m} & \frac{\partial \psi_2}{\partial x_m} & \dots & \frac{\partial \psi_k}{\partial x_m} \end{bmatrix} = \frac{\partial \psi_i(X, Z)}{\partial X} \quad (8)$$

Из приведенного соотношения видно, что компоненты матрицы η зависят от переменных состояния конструкции Z . Вычисление матрицы η является наиболее трудоемкой операцией в алгоритме метода проекции градиента, так как при решении практических задач оптимизации конструкции получить аналитические выражения для $\psi_i(X, Z)$, а следовательно и для $\frac{\partial \psi_i}{\partial X}$, как правило не удается.

Поэтому введем изменение в метод проекции градиента, не снижающее эффективности метода. Для вычисления коэффициентов матрицы η будем использовать линейную аппроксимацию. Для этого производится расчет конструкции, определяются напряжения σ_i в элементе, для которого заданы ограничения $\psi_i(X, Z)$. Затем дается приращение j -му параметру оптимизации, и вновь производят-

ся расчет конструкции и определяются σ_i'' при измененном значении j -го параметра. Компонент $\frac{\partial \psi_i}{\partial x_j}$ матрицы η определяется из соотношения:

$$\frac{\partial \psi_i}{\partial x_j} = \frac{\sigma_i'' - \sigma_i'}{\Delta x_j} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{\sigma_i'' - \sigma_i'}{\Delta x_j} \right)^2}} \quad (9)$$

Основным недостатком изложенного способа вычисления η является необходимость многократного расчета элементов контейнера для определения соответствующих градиентов функций - ограничений по прочности. Однако при определенном виде нагружения контейнера прочность конструкции в целом обусловлена прочностью нескольких элементов. Поэтому при проведении практических оптимизационных расчетов число функций, задающих ограничения по прочности, а следовательно и размерность матрицы η будут небольшими.

Указанный выше способ вычисления матрицы η целесообразно использовать в тех случаях, когда неизвестна функциональная зависимость напряжений от переменных проектирования, или эта зависимость имеет сложный вид, например, при моделировании оптимизируемых элементов контейнера конечными элементами в виде прямоугольных и треугольных пластин. При моделировании оптимизируемых элементов в виде призматических стержней вычисление напряжений выполняется с использованием простой функциональной зависимости между изгибающим моментом M_i и нормальными напряжениями σ

$$\sigma = \frac{M}{W(x)},$$

где $W(x)$ - момент сопротивления поперечного сечения.

Метод проекции градиента реализован в программе OPTIM I. Решение контрольных примеров показало возможность применения метода проекции градиента для оптимизационных расчетов.

В четвертой главе определяются, исходя из специфики и требований технологичности конструкции контейнеров, рациональные формы, ограничения по прочности и размерам поперечных сечений элементов. Выполняется оптимизация размеров поперечных сечений элементов контейнера из условия минимума массы. Приведено описание экспериментальных исследований, сравнение результатов экспериментов и расчетов. Выполнена экономическая оценка результатов работы.

При проведении оптимизационных расчетов принимались во внимание специфика конструкции контейнера, существующая технология производства и вопросы обеспечения ремонтпригодности элементов.

Ограничения по прочности назначались с учетом возможности применения марок стали с более высокими механическими характеристиками. Ограничения на размеры поперечных сечений устанавливались с целью улучшения технических характеристик контейнера (боковая стенка, балки каркаса створки двери - увеличение внутреннего объема контейнера; задняя угловая стойка - увеличение ширины дверного проема). Остальные ограничения на размеры поперечных сечений элементов принимались по условиям сопряжения с другими элементами контейнера и улучшения ремонтной технологичности элементов.

Оптимизационные расчеты выполнены по разработанной программе. Для примера на рисунке приведены ограничения и результаты оптимизации элемента боксовой стенки. Ограничения по прочности приняты по допускаемым напряжениям для стали 10ХНДП и 09Г2. Применение стали 10ХНДП, обладающей повышенной коррозионной стойкостью позволит снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт контейнеров. Шаг гофра принят с учетом применения гофрированного листа шириной 1075 мм с 4 и 5 гофрами. Минимальная толщина принята по технологическим условиям обеспечения качества сварки. По результатам оптимизации видно, что наилучшим вариантом, обеспечивающим наибольшее снижение металлоёмкости боковых стен, является вариант 1. Однако такой вариант можно успешно применить только с 1992 года, потому что до этого времени предел текучести холоднокатаного проката из стали 10ХНДП не нормируется. Поэтому для внедрения в производство с учетом существующей оснастки принят вариант 4, позволяющий снизить металлоёмкость стен контейнера на 16 кг.

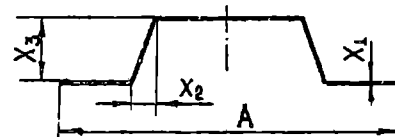
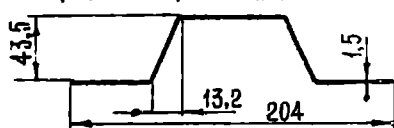
В процессе согласования с металлургическими предприятиями технической документацией на освоение новых профилей проката для изготовления элементов с оптимальными параметрами некоторые размеры были скорректированы по технологическим соображениям в сторону увеличения, т.е. в запас прочности элементов. Общее снижение массы контейнера с новыми элементами составило 113 кг.

Для подтверждения достоверности результатов теоретических исследований были проведены тензометрические испытания контейнера с новыми элементами. Сопоставление экспериментальных и расчетных данных показало их удовлетворительное совпадение, что свидетельствует о приемлемости разработанной методики.

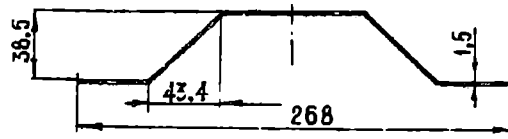
Выполнен расчет годового экономического эффекта на предприятии от снижения собственной массы контейнера и применения для

13

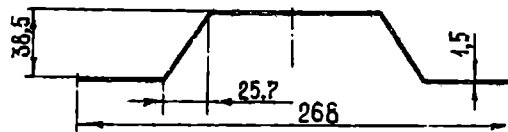
Существующий вариант



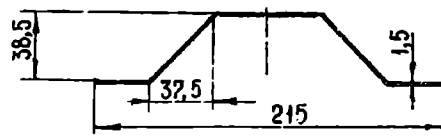
ВАРИАНТ 1
 $A=268$ $\sigma \leq 279$ МПа 10ХНДП
 $F(x)=0,98$



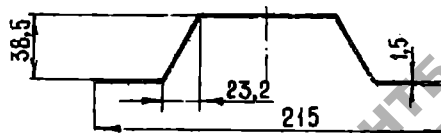
ВАРИАНТ 2
 $A=268$ $\sigma \leq 238$ МПа 09Г2
 $F(x)=1,02$



ВАРИАНТ 3
 $A=215$ $\sigma \leq 279$ МПа 10ХНДП
 $F(x)=1,01$



ВАРИАНТ 4
 $A=215$ $\sigma \leq 238$ МПа 09Г2
 $F(x)=1,06$



ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТА БОКОВОЙ СТЕНКИ
 Рис.

ИЗДАНИЕ
 ДНУЖТ

изготовления новых элементов специальных профилей проката, а также в сфере применения за счет увеличения грузоподъемности контейнера. Суммарный годовой экономический эффект составил 504 тыс.рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

1. Разработаны уточненные расчетные схемы, исследовано напряженно-деформированное состояние некоторых основных несущих элементов крупнотоннажного контейнера. Сопоставление результатов расчета и экспериментов подтверждает достоверность расчетных схем. На основании анализа результатов этих расчетов сделан вывод о возможности снижения металлоемкости контейнера.

2. Разработаны алгоритм и программа оптимизации. В качестве параметров, подвергаемых оптимизации, приняты геометрические размеры сечений элементов. В качестве ограничений учитываются конструктивные ограничения и ограничения по допускаемым напряжениям.

3. Сходимость итерационного процесса оптимизации, реализуемого разработанной программой, проверена на контрольных примерах. Во всех случаях установлена достаточно быстрая сходимость.

4. На основании проведенных исследований определены оптимальные параметры сечений некоторых основных элементов контейнера. Натурные испытания контейнера с оптимизированными элементами подтвердили рациональность принятых решений.

5. Основные результаты исследований реализованы в конструкции крупнотоннажного контейнера типа ICC проекта К 190 постройки Ильичевского судоремонтного завода. По рассмотренному варианту конструкции снижение массы составляет около 113 кг на один контейнер. Экономический эффект от внедрения результатов исследований на выпуск 6500 контейнеров в расчетном году составляет около 504 тыс.рублей.

6. Разработанные алгоритмы и программа оптимизации можно рекомендовать как один из возможных вариантов определения оптимальных параметров несущих элементов новых конструкций крупнотоннажных контейнеров, отличающихся как по конструктивной схеме, так и по типоразмеру контейнера. Применение алгоритма и программы позволит добиться более рационального распределения металла в конструкции и снижения металлоемкости контейнера.

НТБ
ДНУЖТ

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах :

1. Кострица С.А., Татарчук В.В., Мякишев В.И. Исследование прочности стенок крупнотоннажного контейнера // Динамика, прочность и нагруженность железнодорожного подвижного состава. -Днепропетровск: ДИИТ, 1987. - С. 91-95.

2. Выбор оптимальных параметров элементов конструкции крупнотоннажных контейнеров / О.Д. Ранигин, В.И. Мякишев, А.П. Ванюхин, И.Г. Варбас, С.А. Кострица. -М.: Морской транспорт, Серия "Судоремонт", Экспресс-информация. - 1987. - Вып. 10. - С. 12-17.

3. Варбас И.Г., Поплавская А.Р., Мякишев В.И. Теоретическое исследование нагруженности крупнотоннажных контейнеров в условиях эксплуатации и пути совершенствования их конструкции // Проблемы механики железнодорожного транспорта: Тез.докл. Всесоюз. конф. -Днепропетровск: ДИИТ, 1988. - С.130.

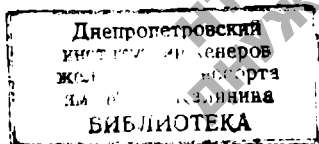
4. Мякишев В.И., Радзиховский Ю.А., Татарчук В.М. Применение методов оптимизации к выбору рациональных параметров элементов конструкции крупнотоннажных контейнеров // Динамическая нагруженность железнодорожного подвижного состава. - Днепропетровск: ДИИТ, 1988. - С. 105-108.

5. Мякишев В.И., Поплавская А.Р., Мямлин С.В. Расчет на прочность угловых стоек крупнотоннажного контейнера повышенной грузоподъемности // Динамическая нагруженность железнодорожного подвижного состава. - Днепропетровск: ДИИТ, 1988. - С.114-118.

6. Мякишев В.И. Нагруженность нижней продольной балки крупнотоннажного контейнера в условиях эксплуатации на железнодорожном транспорте // Динамическая нагруженность железнодорожного подвижного состава. -Днепропетровск: ДИИТ, 1990. -С.27-30.

7. Совершенствование методов проектирования крупнотоннажных контейнеров / В.И.Мякишев, Н.И. Корнев, А.Н. Ванюхин, И.Г. Варбас, С.А. Кострица/ Ильичевский судоремонтный завод. - Ильичевск, 1990, - II с. -Деп. в В/О "Мортехинформреклама" 24.01.90, № 1063-мф.

В.И. Мякишев



5455a

Мякишев Василий Иванович

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОСНОВНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ
КОНСТРУКЦИИ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТРАНСПОРТЕ**

Специальность 05.22.07 - Подвижной состав железных дорог
и тяга поездов

Подписано к печати 23.05.90 БТ 50359

Формат 60x84 1/16. Бумага для множительных аппаратов.

Роталпринт. Усл.печ.л. 0,93. Уч.- изд. л.1,0 Тираж 100 экз.

Заказ 544. Бесплатно.

Участок оперативной полиграфии ДИИТа 320700 ГСП, Днепропетровск, 10
ул. Академика В.А.Лазаряна, 2

Сканировала Камьянская Н.А.

**НТБ
ДНУЖТ**