

МПС - СССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

В.П. МУХИН

ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ТЕПЛОВЗОВОВ ПРИ РАБОТЕ
В ГОРЯЧИХ ЦЕКАХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

(на русском языке)

Специальность 05.433 - Подвижной состав и
техника поездов

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

Днепропетровск
1972

4734a

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-институте промышленного транспорта Госстроя СССР

Научный руководитель - профессор, доктор технических наук В.Н.Твергин

Официальные оппоненты - профессор, доктор технических наук Т.Ф.Кузнецов, Харьковский институт инженеров железнодорожного транспорта ,
доцент, кандидат технических наук Ю.П.Сидоров, Московский институт инженеров железнодорожного транспорта.

Оппонирующая организация - Транспортное Управление Министерства черной металлургии УССР

Автореферат разослан " 11 " авг 1972 г.

Защита диссертации состоится " 6 " окт. 1972 г.
на заседании Ученого Совета Днепропетровского института
инженеров железнодорожного транспорта г.г. Днепропетровск.

НТБ
ДНУЖТ

МПС - СССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

О.П. МУХИН

ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ТЕПЛОВЗОВ ПРИ РАБОТЕ
В ГОРЯЧИХ ЦЕХАХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

(на русском языке)

Специальность 05.433 - Подвижной состав и
тяга поездов

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

Днепропетровск
1972

47349

Развитие железнодорожного транспорта отечественных промышленных предприятий, замена на них паровой тяги на тепловозную предопределяют необходимость разработки особого комплекса технико-эксплуатационных требований к специализированным тепловозам для промышленного транспорта.

Несоответствие технических данных локомотивов, предназначенных для работы на магистральной и маневровой службе МПС и поставляемых на промышленные предприятия, значительно снижает экономическую эффективность использования на этих предприятиях локомотивов и общие показатели промышленного транспорта, а в некоторых случаях может привести и к нарушению оптимальной технологии основного производства.

Одной из существенных причин невозможности нормальной работы и эффективного использования тепловозов на металлургических заводах является непригодность их к работе в горячих цехах и при перевозках горячих грузов (были случаи загорания тепловозов). Это вынуждает применять в металлургическом производстве паровозную тягу или содержать в парке дополнительное количество тепловозов для обеспечения нормальной и бесперебойной работы.

Для достижения наиболее полного соответствия технических и эксплуатационных данных тепловозов требованиям транспортного процесса промышленных предприятий необходимо выявление объективных исходных условий для проектирования тепловозной защиты тепловозов, работающих с горячими грузами и в горячих цехах на металлургических заводах.

Тепловая защита тепловозов должна быть эффективной и надежной, способной выдерживать большие тепловые нагрузки и воздействия, а также, что не менее важно - обеспечивать нормаль-

ные условия работы локомотивных бригад. Кроме того, она должна быть выполнена из широко используемых в промышленности недорогих материалов .

В зарубежной технической литературе по промышленному транспорту вопрос о защите локомотивов от тепловых воздействий при перевозках горячих грузов и работе в горячих цехах освещен очень мало. Каких-либо обоснованных и, тем более, проведенных экспериментально расчетов по выбору тепловой защиты не встречается .

Непосредственными задачами настоящей диссертационной работы является нахождение расчетных температур от тепловых излучений горячих грузов на поверхностях стенок и узлов тепловозов, определение непосредственными измерениями специальными приборами соответственных температур в эксплуатационных условиях при их росте по времени до стабилизации и сравнение теоретических данных с экспериментальными .

Рассчитывается также защита с определением наиболее выгодного и оптимального ее расположения на тепловозе и проверяется эффективность этой защиты в ходе экспериментальных исследований .

Тепловая защита представляет собой экран, который располагается между горячими грузами и тепловозом. Во время исследований проверялось несколько экранов из различных материалов или сочетания их и, в конечном итоге, был выбран наиболее эффективный способ защиты .

Из анализа полученных результатов выявлены объективные исходные данные для проектирования и расчета тепловой защиты, и даются выводы и рекомендации о применении защиты на тепловозах, эксплуатирующихся в горячих цехах металлургии.

ческих предприятий.

Экспериментальная часть данной работы проводилась в стрипперном отделении мартеновского цеха Нижне-Тагильского металлургического комбината им.В.И.Ленина, в промышленные испытания тепловоза с тепловой защитой - в горячих цехах Дзедюковского металлургического завода "Азовсталь".

Аналитические и графоаналитические расчеты выполнялись с помощью ЭВМ "Мир-1"

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и рекомендаций .

В первой главе проводится обзор исследований по тепловой защите локомотивов от тепловых воздействий.Редкие краткие сообщения в зарубежной технической литературе о работе тепловозов в горячих цехах и при перевозках горячих грузов подтверждают, что вопросу тепловой защиты уделяется определенное внимание .

Так, например, научным взглядом подход к тепловой защите локомотивов,предлагаемый фирмой Фулки и применяемой на металлургических заводах в Южно-Африканской республике. Здесь кузов тепловоза имеет двойные стенки с расстоянием между их поверхностями равным 50 мм . Для защиты машиниста от воздействия шума промежуток между стенками заполнен стекловатой.

На металлургических предприятиях Индии эксплуатируются поставленные из США тепловозы со специальным кузовом, окрашенным жаростойкой краской, способной выдерживать высокие температурные нагрузки .

В нашей стране вопрос тепловой защиты локомотивов возник сразу же при проведении мероприятий по замене на

промышленных предприятиях паровозной тяги на тепловозную. Первые работы были начаты в 1961 г. отделом Промышленного железнодорожного транспорта ЦНИИ МПС. Руководителем исследований был А.П.Костик. Тепловая защита представляла собой стальные экраны с 10-миллиметровой асбестовой прокладкой, которые крепились к поручням тепловоза. В экранах вырезались отверстия для улучшения видимости локомотивным бригадам. Между экранами и стенками тепловоза проходила продувка воздухом от компрессора тепловоза специальными отводными патрубками с отверстиями.

Такая конструкция тепловой защиты не нашла широкого применения на локомотивах металлургических заводов из-за своей громоздкости и сильного осложнения работы локомотивных бригад. Кроме того, она не была подтверждена ни расчетами, ни соответствующим экспериментальным материалом.

Во второй главе приводятся объем и цель теоретических исследований, рассматриваются условия работы тепловозов при эксплуатации в горячих цехах и даются расчетные уравнения определения температур нагрева поверхностей стенок и узлов тепловоза от тепловых воздействий на локомотив без защиты и с ней.

Опыт эксплуатации и ранее проведенные эксперименты показали, что наиболее высокие температурные воздействия тепловоз испытывает в стрипперном отделении мартеновских цехов и на участках нагревательных колодцев сортапрокатных цехов при движении и стоянии около слитков. Температуры слитков в зависимости от марки и назначения стали достигают 850-950°C. На других участках эксплуатации с горячими грузами тепловоз также находится в тяжелых условиях. Сюда относятся перевозки

горячих слитков в изложницах и без изложниц, перевозки нагретых изложниц и стеллажа около раздетых горячих слитков, жидкого чугуна, агломерата, доменного и мартеновского шлака на шлаковом отвале и др.

Без надлежащей тепловой защиты в таких условиях тепловозы работать не могут, вследствие взрывоопасности топливных баков, пожароопасности узлов и частей локомотива, а также воздействий инфракрасных лучей от раскаленных горячих слитков на организм человека

Нагрев поверхностей тепловоза происходит только от лучистой энергии, исходящей от горячих грузов, так как минимальное расстояние от поверхностей слитков до поверхностей локомотива (взяв габарит подвижного состава I-T) составляет 1,5 м и теплопередача конвекцией и теплопроводностью воздуха на таком большом пространстве ничтожна.

Тепловой баланс обмена энергией между поверхностями горячих слитков и тепловоза в общем случае можно представить в следующем виде

$$\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varphi_{12} \cdot F_1 \cdot C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = \varepsilon_2 \cdot \varphi_{26} \cdot C_0 \cdot F_2 \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_6}{100} \right)^4 \right] + 2 \cdot C \cdot \lambda_6 \left[\frac{q \cdot p \cdot (t_2 - t_6)}{\gamma \cdot \alpha} \right]^{1/2} \cdot (t_2 - t_6) \cdot F_2 \quad (I)$$

В левой части равенства (I) представлен теплообмен лучистой энергией между горячими телами и поверхностями тепловоза, а в правой части - теплоотдача излучением стенкам цеха и конвекцией с обеих сторон стенок тепловоза в воздух (пояснения отдельных символов даны в конце текста автореферата).

Наибольшую трудность представляет нахождение углового коэффициента φ_{12} . Выражение для определения φ_{12} в

математической форме для двух тел, произвольно расположенных в пространстве, представится в виде

$$\varphi_{12} = \iint_{F_1 F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} dF_1 \cdot dF_2 \quad (2)$$

Для рассматриваемого случая, когда поверхности слитков и локомотива представляют сложную геометрическую систему, расположенную в пространстве, нахождение φ_{12} математически очень сложно и трудоемко. Поэтому для определения углового коэффициента был использован графоаналитический метод, который с хорошей степенью точности и при небольших затратах времени позволяет численное интегрирование заменить графическими операциями. Пример нахождения φ_{12} приведен на рис. 1

Суммарное значение угловых коэффициентов $\bar{\varphi}_{12}$ от всех поверхностей горячих слитков, находящихся в составе, даст искомую величину

$$\varphi_{12} = \sum_{i=1}^{i=n} \bar{\varphi}_{12_i} = \bar{\varphi}_{12_1} + \bar{\varphi}_{12_2} + \dots + \bar{\varphi}_{12_n} \quad (3)$$

При рассмотрении вопроса о теплопередаче через воздушную прослойку экран тепловой защиты - поверхность теплового излучения из условия, что локомотив находится в наиболее тяжелых эксплуатационных условиях, когда он стоит на соседней колее напротив состава с раздетыми горячими слитками.

Теплопередачу через эту систему можно описать уравнениями при граничных условиях размеров в направлении y и бесконечных в направлении x (см. рис. 2)

$$\frac{\partial t_3}{\partial y} = a_2 \frac{\partial t_3}{\partial x^2} + a_3 \frac{\partial^2 t_3}{\partial y^2} \quad (4)$$

При граничном условии $y = 0$

$$-a_2 \frac{\partial t_3}{\partial y} = \alpha_n (t_6 - t_3) + \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_3 \cdot C_0 \cdot \varphi_{13} \cdot \kappa \cdot \frac{F_1}{F_2} \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_6}{100} \right)^4 \right] \quad (5)$$

При граничном условии $y = \delta_1$

$$-\lambda_3 \frac{\partial t_3}{\partial y} = \alpha_k(t_3 - t_{np}) + \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_3} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \cdot C_0 \cdot \varphi_{32} \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (6)$$

Уравнение теплопередачи в движущейся среде воздуха в прослойке представится

$$C \cdot \gamma \frac{\partial t_{np}}{\partial \varphi} = \lambda_6 \frac{\partial^2 t_{np}}{\partial x^2} + \lambda_6 \frac{\partial^2 t_{np}}{\partial y^2} - C \cdot \gamma \cdot v_x \frac{\partial t_{np}}{\partial x} - C \cdot \gamma \cdot v_y \frac{\partial t_{np}}{\partial y} \quad (7)$$

Уравнение теплопередачи в стенке теплового выразится

$$\frac{\partial t_2}{\partial \varphi} = A_2 \frac{\partial^2 t_2}{\partial x^2} + A_2 \frac{\partial^2 t_2}{\partial y^2} \quad (8)$$

При граничном условии $y = \delta_2$

$$-\lambda_2 \frac{\partial t_2}{\partial y} = \alpha_k(t_{np} - t_2) + \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_3} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \cdot C_0 \cdot \varphi_{32} \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (9)$$

При граничном условии $y = \delta_3$

$$-\lambda_2 \frac{\partial t_2}{\partial y} = \alpha_k(t_2 - t_{66}) + \varepsilon_2 \cdot C_0 \cdot \varphi_2 \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{66}}{100} \right)^4 \right] \quad (10)$$

Применительно для рассматриваемого случая стационарного режима, когда температуры нагрева всех поверхностей теплового стабилизируются, после ряда преобразований получим следующую систему уравнений теплопередачи

$$\begin{aligned} & \alpha_k(t_6 - t_3) + \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_3 \cdot C_0 \cdot \varphi_{13} \cdot K \cdot \frac{F_1}{F_3} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_3}{100} \right)^4 \right] = \\ & = \alpha_k(t_3 - t_{np}) + \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_3} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \cdot C_0 \cdot \varphi_{32} \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \end{aligned} \quad (II)$$

$$\bar{t}_{np} = \left(t_6 - \frac{t_3 + t_2}{2} \right) \cdot e^{-\rho x} + \frac{t_3 + t_2}{2} \quad (12)$$

$$\alpha_k(t_{np} - t_2) + \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \cdot G_0 \cdot \varphi_{32} \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= \alpha_k(t_2 - t_{66}) + \varepsilon_2 \cdot G_0 \cdot \varphi_2 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_6}{100} \right)^4 \right], \quad (13)$$

где

$$\beta = \frac{2\alpha_k}{\sqrt{\sigma \cdot \gamma \cdot \delta}} \quad (14)$$

Результаты расчета величин температур нагрева поверхностей тепловозов представлены в табл. I .

Расчеты произведены для промышленного тепловоза ТТМ6, на котором впервые в СССР сконструирован опытный вариант тепловой защиты .Из табл. I видно, что величины температур достигают довольно больших значений .Расчет был произведен для нескольких экранов, а именно

- обыкновенного листового железа толщиной 1,5 мм ,
- оцинкованного железного листа толщиной 1,5 мм ;
- алюминиевого листа толщиной 2,0 мм ;
- оцинкованного железного листа толщиной 1,5 мм с 5 миллиметровой асбестовой прокладкой ;
- алюминиевого листа с 5 миллиметровой асбестовой прокладкой .

Толщина асбеста находится по следующему предлагаемому порядку

1. Задаемся требуемой температурой нагрева исследуемой поверхности тепловоза, принимая ее равной 60°C .

2. По приведенным выше уравнениям теплопередачи (II, I2, I3) определяем для этого случая температуру экрана .

3. Исходя из действительной температуры экрана и найденной определяем толщину асбестовой прокладки из формулы

$$t_{э_1} - t_{э_2} = \left(\frac{\delta_э}{\lambda_э} + \frac{\delta_A}{\lambda_A} \right) \cdot q \quad (15)$$

В третьей главе представлены методика и результаты экспериментальных исследований. Из теоретических расчетов видно, что непосредственно замеры на тепловозе в горячих печах проводить нельзя как по требованиям техники безопасности, так и по организации экспериментальных работ. Поэтому замеры проводились на специальном щите, представляющем собой часть стенки тепловоза и установленном на путевой тележке. Щит имеет свободное перемещение (см. рис. 3) в горизонтальной плоскости, так что при производстве экспериментов он мог быть поставлен в положение, соответствующее капоту тепловоза, кабины машиниста, торцевых поверхностей, топливного бака и т.п. К его поверхности были приварены шпильки, на которые надевались экраны из различных материалов и таким образом проверялась их эффективность. Проведенные расчеты показали, что картина температурных полей как на самом тепловозе, так и на щите по своему характеру одна и та же.

Замеры проводились вверенными на различных высотах в щит специальными термопарами из хромель-копелевых сплавов. Всего было вварено 12 термопар в десяти точках по высоте щита, что преследовало цель, заключающуюся в одновременной записи всего поля температур на ленту осциллографа и определении более полной картины этого температурного поля на поверхностях тепловоза. Предполагалось, что температура поверхностей тепловоза не будет одинаковой по всей площади, как это следовало из теоретических расчетов.

Для замера температуры воздуха были использованы термопара и контролирующий ее показания термометр, которые были

защищены от тепловых излучений экраном из алюминиевой фольги.

При производстве замеров выполнялась запись роста температур нагрева поверхностей тепловоза до их стабилизации для различных режимов эксплуатации локомотива. Рост температур по времени для аварийного режима представлен в графическом виде для различных поверхностей и узлов тепловоза .

На рис. 4,5,6 показан рост максимальных температур нагрева по времени до их стабилизации для различных поверхностей тепловоза без тепловой защиты и с наиболее эффективным вариантом защиты - алюминиевым экраном с 5 миллиметровой асбестовой прокладкой при работе в стрипперном отделении мартеновского цеха и на участках нагревательных колодцев сортопрокатного цеха

Замеры, проделанные на других участках при перевозках горячих грузов, показали, что перевозки жидкого чугуна, пустых изложниц, шлака на грануляционные установки и т.д. не подвергают тепловозы столь высоким по своим значениям и величинам тепловым воздействиям, как указанные выше .

Особо следует сказать о работе локомотивов на шлаковом отвале и бункерной эстакаде доменных цехов. При плохом содержании шлаковых отвалов и бункерных эстакад на поддоны топливных баков тепловозов могут воздействовать довольно значительные тепловые нагрузки. Температура нагрева поддона достигает до 160°C . Особенно опасны случаи касания топливного бака горячим шлаком и агломератом.

При наличии тепловой защиты вся нагрузка будет восприниматься экраном.

В табл. I наряду с расчетными приведены величины максимальных температур нагрева различных поверхностей тепловоза

Таблица I

Величины максимальных температур, полученных на различных
поверхностях тепловоза теоретическим и экспериментальным путем

Исследуемая поверхность тепловоза ТГМ6	Тепловоз без защиты		Тепловоз покрашен алюминие- вой крас- кой		Экран из обыкновен- ного лист- ового желе- за		Экран из оцинкован- ного желе- зного лист- а		Экран из алюминие- вого лист- а		Экран из оцинкован- ного желе- за с 5-мм асб.прокл.		Экран из алюминие- вого лист- а с 5-мм асб.прокл.		Тепло- воз с тепло- вой за- щитой
	t_{2T} °C	$t_{2Э}$ °C	t_{2T} °C	$t_{2Э}$ °C	t_{2T} °C	$t_{2Э}$ °C	t_{2T} °C	$t_{2Э}$ °C	t_{2T} °C	$t_{2Э}$ °C	t_{2T} °C	$t_{2Э}$ °C	t_{2T} °C	$t_{2Э}$ °C	
1. Торцовая поверхность со стороны холодильника ..	448	440	365	370	318	280	166	145	103	85	80	135	60	70	55
2. Торцовая поверхность со стороны кабины машинис- та	409	370	323	315	281	255	144	140	85	80	80	120	60	65	55
3. Боковая поверхность ка- бины машиниста	425	400	341	330	313	285	142	150	86	85	86	120	60	65	55
4. Боковая поверхность на- пота машинного отде- ления и отделения аккумуля- торных батарей	404	355	318	295	280	245	132	120	77	75	80	95	60	60	45
5. Боковая поверхность топ- топливного бака	353	320	266	285	263	210	123	110	71	65	80	75	60	50	60

ЭЦМ "Мир-1"

ТМ6, полученных экспериментальным путем, при работе в стрипперном отделении мартеновского цеха и на участках нагревательных колодцев сортопрокатного цеха.

Экспериментальные исследования показали, что на локомотивную бригаду оказывают вредные воздействия не только инфракрасные лучи от горячих тел, но и высокие температуры, вызываемые тепловыми излучениями. На уровне головы машиниста в точке 3 на поверхности кабины машиниста температура нагрева достигла 345°C , а внутри кабины машиниста температура воздуха доходила до 50°C (при допустимой $+26^{\circ}\text{C}$).

Для защиты локомотивных бригад от воздействий инфракрасных лучей необходима на тепловозах установка специальных стекол, которые обладали бы помимо обычных для них прозрачностью и неискажаемостью видимых предметов еще и свойствами жаростойкости и поглощаемости вредных для организма лучей.

Третья глава также посвящена результатам промышленных испытаний тепловоза ТМ6А-104 с опытной конструкцией тепловой защиты, изготовленной Людиновским тепловозостроительным заводом применительно к условиям эксплуатации в горячих цехах и при перевозке горячих грузов.

Экспериментальные работы проводились в наиболее тяжелых эксплуатационных условиях - в стрипперном отделении мартеновского цеха и на участках нагревательных колодцев сортопрокатного цеха металлургического завода «Азовсталь» г. Днепрова.

Для замера температур нагрева в стенку исследуемых поверхностей тепловоза были вварены специальные термопары из хромель-копелевых сплавов. Исходя из результатов проведенных испытаний термопары вваривались в места максимальных темпера-

тур нагрева поверхностей тепловоза.

Одна термопара была вварена в кабину на уровне головы машиниста, и несколько термопар установлены в воздушном пространстве кабины машиниста

Экспериментальные работы показали, что тепловая защита достаточно эффективна и практически температура нагрева поверхностей стенок тепловоза за экранами находится в допустимых пределах .

За время испытаний (10-12 мин) температура стекла в кабине на уровне головы машиниста за тепловой защитой не превысила 50°C . Температура же воздуха в кабине машиниста достигла довольно высокой величины 44°C .

Экспериментальные и расчетные результаты температур нагрева поверхностей представлены в табл.2 .

Таблица 2

№ пп	Исследуемая поверхность тепловоза ТТМС с тепловой защитой	Экран из алюминиевого листа с асбестовой прокладкой	
		$t_{2т}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{2з}, ^{\circ}\text{C}$
1	Торцовая поверхность со стороны холодильника	60	55
2	Торцовая поверхность со стороны кабины машиниста	60	50
3	Боковая поверхность кабины машиниста	60	55
4	Боковая поверхность капота машинного отделения и отделения аккумуляторных батарей	60	45
5	Боковая поверхность топливного бака	60	60

В четвертой главе приводится анализ определения расчетных и экспериментальных температур нагрева поверхностей тепловоза. При этом находится погрешность измерений.

При рассмотрении табл. I можно заметить расхождение в величинах температур, полученных расчетным и экспериментальным путями. При сравнении температур нагрева поверхностей тепловоза без тепловой защиты разница между ними колеблется в пределах от 8°C до 49°C . Это различие можно объяснить множеством причин, основными из которых являются: более низкая температура воздуха в цехе, чем принятая при расчетах; несоблюдение условий свободной конвекции у поверхностей тепловоза, вследствие постоянных сквозняков и других побудителей вынужденных потоков воздуха, т.е. наличие в действительности вынужденной конвекции, охарактеризовать которую практически не было возможностей, понижение температуры (остывание) горячих раздетых слитков за время замеров в процессе экспериментов и т.д.

Несколько иные результаты получены при использовании экранов. Установка, например, экрана из оцинкованного железного листа толщиной 1,5 мм обусловила то, что экспериментальные величины температур на поверхностях тепловоза больше, чем расчетные. Объяснить это можно тем, что цинк, покрывающий железо, от высоких температур, воздействовавших на него, расплавился и степень черноты, а соответственно и поглощение тепловых лучей, оцинкованного железа увеличились.

Применение в качестве тепловой защиты оцинкованного железного листа с 5 миллиметровой асбестовой прокладкой также не дало ожидаемого эффекта. Причину этого можно найти в увеличении оплывания цинка в процессе каждого замера тем-

ператур и в дальнейшем росте степени черноты оцинкованного железа, а также в увеличении лучистой передачи тепла шероховатой поверхностью асбеста.

Наиболее эффективными вариантами тепловой защиты являются по экспериментальным результатам алюминиевые экраны, особенно с 5-миллиметровой асбестовой прокладкой.

Несколько большие по своим величинам температуры по сравнению с расчетными получились из-за загрязнения копотью, окалиной и сажей алюминиевых экранов, вследствие чего степень черноты их значительно увеличилась.

Оценивая результаты испытаний тепловоза с тепловой защитой в эксплуатационных условиях можно сделать общий вывод: тепловая защита локомотива обеспечивает нормальную работу тепловоза в условиях эксплуатации в горячих цехах и при перевозках горячих грузов и выдерживает тепловые воздействия при аварийном режиме, когда тепловоз стоит около раздетых горячих слитков. В этих условиях температуры нагрева поверхностей тепловоза не превышают величин $60-70^{\circ}\text{C}$.

В то же время испытания показали, что от высоких температур нагрева экраны тепловой защиты коробились и выпучивались. Кроме того, в процессе эксплуатации из-за тепловой защиты был затруднен доступ в дизельное помещение, что приводило к осложнениям в работе локомотивных бригад.

Поэтому эти вопросы при проектировании и конструировании тепловой защиты локомотивов должны быть учтены, а при создании новых тепловозов, предназначенных для работы в горячих цехах, тепловая защита должна быть создана заодно с кузовом машинного отделения.

В этой же главе приводится оценка экономической эффективности от внедрения тепловой защиты тепловозов на металлургических предприятиях. Расчет произведен на основании Инструкции по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве СН423-71, утвержденной Государственным Комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 31 мая 1971 г.

За сравниваемые локомотивы берутся тепловозы ТМЗ (с модификациями), работающие в наибольшем количестве на металлургических предприятиях.

Базой для сравнения является паровоз 9П, который, в основном используется в горячих цехах металлургических предприятий.

Эксплуатационные расходы по сравниваемым вариантам взяты на примере металлургического завода "Азовсталь", где в горячих цехах используется только паровозная тяга. Замена паровозов тепловозами позволит транспорт завода целиком перевести на тепловозную тягу, как на наиболее прогрессивную и экономичную.

Исходя из минимального количества паровозов - 5 единиц, эксплуатирующихся в горячих цехах, и заменяя их эквивалентным количеством тепловозов, получим годовой экономический эффект по приведенным затратам для одного металлургического предприятия равный 16525 руб.

Для 35 металлургических предприятий СССР с полным технологическим циклом годовой экономический эффект от внедрения тепловозной тяги при таких условиях составит 578375 руб.

Основные выводы и рекомендации

В результате проведенных теоретических и экспериментальных работ и из анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы

1. Работа локомотивов в горячих цехах и при перевозках горячих грузов происходит в тяжелых эксплуатационных условиях из-за тепловых воздействий (в основном, лучистой энергии) от горячих грузов, особенно в стрипперном отделении мартеновских цехов и на участках нагревательных колодцев сортопрокатных цехов .

Температуры на поверхностях тепловоза достигают довольно значительных величин . При стоянке локомотива около раздетых горячих слитков через 7-11 минут максимальные установившиеся температуры на различных поверхностях тепловоза достигают до $320-440^{\circ}\text{C}$.

2. Результаты расчетов и экспериментальных исследований и анализ их показал необходимость тепловой защиты тепловоза для нормальной работы в условиях горячих перевозок. Тепловая защита обеспечивает нагрев поверхностей не выше 60°C .

3. Для защиты требуются непрозрачные для тепловых лучей экраны из алюминиевых листов с 5-миллиметровой асбестовой прокладкой.

Экспериментально проверенные экраны из железных и оцинкованных железных листов дали менее эффективные результаты.

4. Защите подлежат наиболее нагреваемые поверхности тепловоза, а также поверхности пожара и взрывоопасных узлов, к которым относятся

торцевая поверхность со стороны холодильника ;
торцевые поверхности тепловоза со стороны кабины машиниста ;
боковые поверхности кабины машиниста ;
боковые поверхности капота ;
боковые и торцевые поверхности и поддоны топливных баков ;
поверхности всех воздушных резервуаров ;
поверхности всех трубопроводов, находящихся снаружи локомотива .

5. Результаты теоретических исследований согласуются с экспериментальными. Получены уравнения теплопередачи через тепловую защиту, которые позволяют рассчитать различные варианты защиты .

6. Окраска узлов и агрегатов тепловоза, не защищенных экраном, должна быть стойкой к постоянному воздействию высоких температур до 300°C .

7. Стекла кабины машиниста должны быть жаростойкими, выдерживать длительную температуру до 350°C и обладать способностью не пропускать вредные для организма человека инфракрасные лучи.

8. В кабине машиниста тепловоза должны быть созданы условия для нормальной работы локомотивных бригад и температура воздуха в ней не должна превышать $+26^{\circ}\text{C}$

9. Для вновь проектируемых тепловозов, предназначенных для работы в горячих цехах, тепловая защита должна быть создана заодно с кузовом машинного отделения, что позволит избежать трудностей доступа в дизельное помещение локомотивным бригадам.

10. Для тепловозов, имеющих двойную стенку капота машинного отделения, экраны тепловой защиты можно заменить покраской наружной поверхности капота жаростойкой краской .

II. Приведенные в работе выводы и рекомендации должны войти в специальные требования отраслевого стандарта для тепловозов промышленного транспорта .

Принятые обозначения

- ε_1 - степень черноты горячего тела
- ε_2 - степень черноты поверхности тепловоза
- ε_3 - степень черноты экрана тепловой защиты ;
- $\varphi_{12}, \varphi_{22}, \varphi_{13}, \varphi_{23}$ - угловые коэффициенты лучистого теплообмена между горячими телами, тепловозом, тепловой защитой и стенками цеха ;
- F_1, F_2, F_3 - поверхности горячих тел, тепловоза и экранов тепловой защиты, m^2
- t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 - температуры горячих тел, тепловоза, экранов тепловой защиты, воздуха, воздушной прослойки, $^{\circ}C$;
- C_0 - коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела , $\frac{ккал}{m^2 \text{ час } ^{\circ}C}$
- λ_0 - коэффициент теплопроводности воздуха , $\frac{ккал}{m \text{ час } ^{\circ}C}$
- β - коэффициент объемного расширения, $град^{-1}$;
- g - ускорение силы тяжести, $m/час^2$;
- γ - коэффициент кинематической вязкости , $\frac{m^2}{час}$;
- α_2, α_3 - коэффициент температуропроводности стенок тепловоза и тепловой защиты , $\frac{m^2}{час}$

τ - время, час

x, y - координаты ;

α_k - коэффициент конвективного теплообмена ,
 $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot ^\circ\text{C}}$

C - теплоемкость воздуха , $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

γ - объемный вес воздуха , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

v_x, v_y - скорость движения воздуха в прослойке
 $\frac{\text{м}}{\text{час}}$

K - коэффициент, учитывающий воздействие лучистой энергии от поверхностей горячих тел, перпендикулярных поверхностям теплового ;

δ - толщина воздушной прослойки , м^2 ;

q - удельный тепловой поток, ккал.

Диссертационная работа содержит 114 страниц, 46 рисунков и I приложение. Перечень литературы состоит из 36 наименований .

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах :

1. Мухин Ю.П. К вопросу работы локомотивов в горячих цехах, Проектирование промышленного транспорта, серия IV, М., 1970 , № 4 (39) .
2. Мухин Ю.П. Тепловая защита промышленных локомотивов. Промышленный транспорт, №3, 1972
3. Мухин Ю.П. Исследование работы тепловозов при перевозке горячих грузов, сб. трудов Промтранонипроект, № 3, 1971 .
4. Мухин Ю.П. Защита тепловозов от воздействий раскаленных тел. Труды ДИИТа, вып. 137, 1972 .

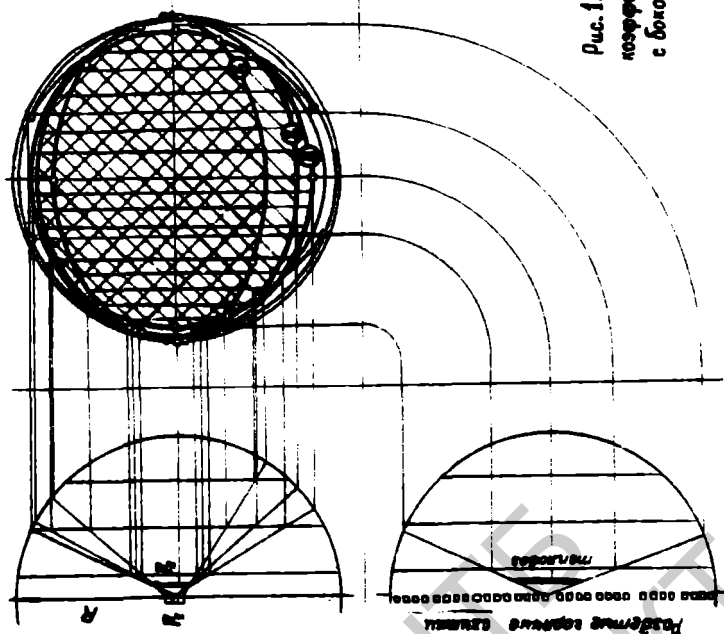


Рис. 1. Метод сегментов для определения коэффициента $\varphi_{\text{с.с.}}$ при взаимодействии одного цилиндра с боковой поверхностью канала трубопровода

$$\Delta_1 \varphi_{a1} = \frac{F_1}{\pi R_1^2}$$

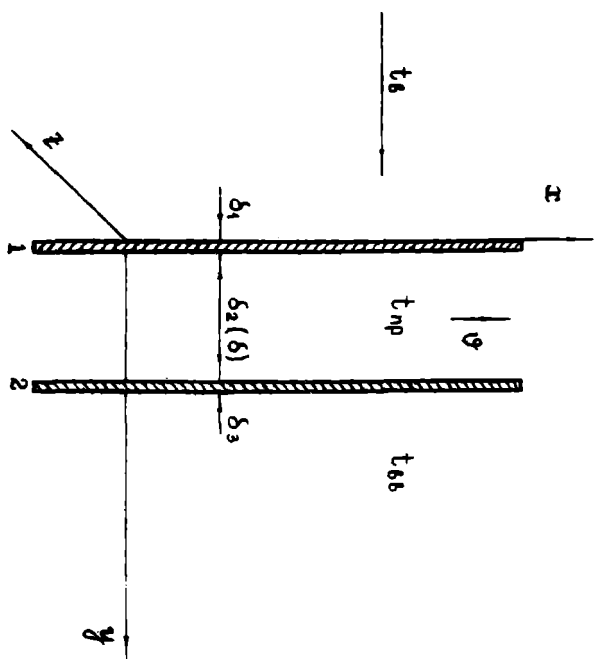
$$\Delta_2 \varphi_{a1} = \frac{F_2}{\pi R_2^2}$$

$$\Delta_3 \varphi_{a1} = \frac{F_3}{\pi R_3^2}$$

$$\varphi_{a1} = \frac{\Delta_1 \varphi_{a1} + \Delta_2 \varphi_{a1} + \Delta_3 \varphi_{a1}}{3}$$

$$\varphi_{a1} = \sum_{i=1}^n \varphi_{a1i} = \varphi_{a1} + \varphi_{a2} + \dots + \varphi_{an}$$

Примечание. Все размеры трубопровода и цилиндра, а также расстояния их взаимного расположения относятся в масштабе



1 - экран тепловой защиты
2 - стенка теплового

Рис. 2. Расчетная схема стенок теплового, экрана тепловой защиты и воздушной прослойки между ними.

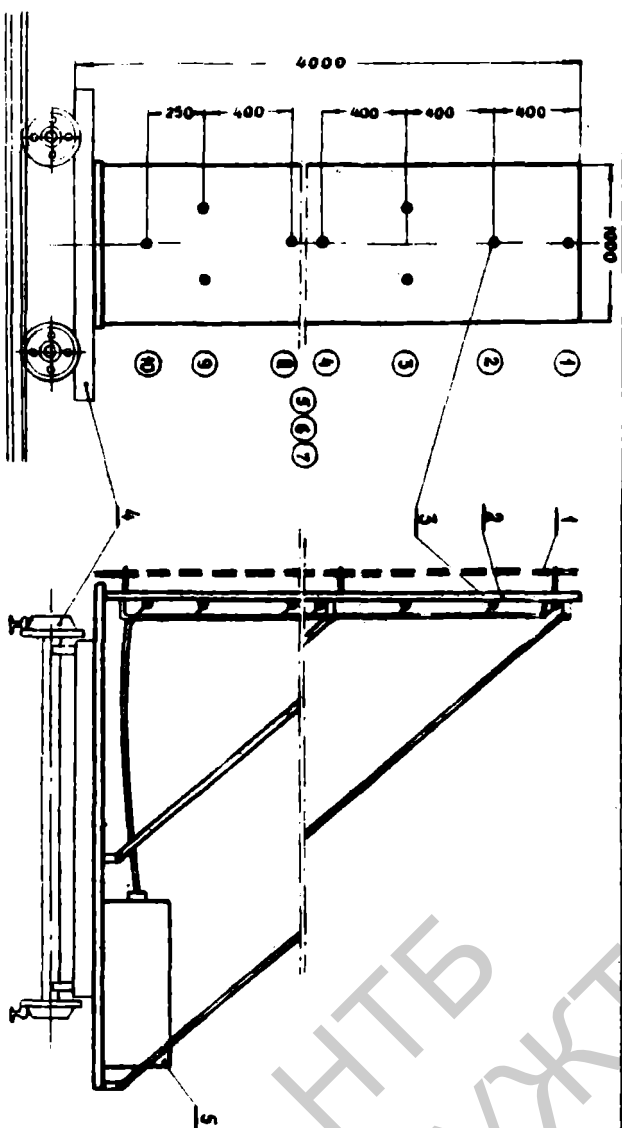


Рис. 3. Специальный щит, имитирующий стенку теплового ПМБ и предназначенный для замеров температур нагрева его поверхностей с тепловой защитой и без нее:
 1 - экран; 2 - щит; 3 - термопара; 4 - путевая тележка;
 5 - осциллограф

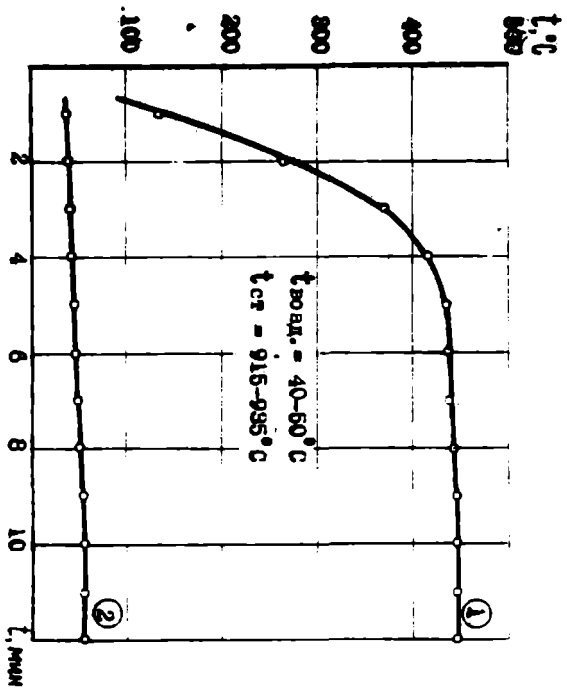
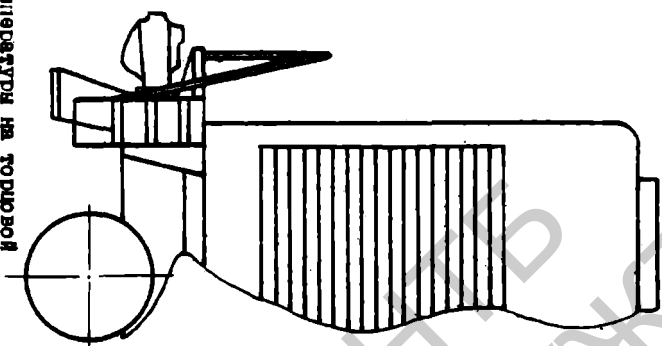


Рис. 4. Рост по времени до стабилизации максимальной температуры на торцовой поверхности теплового ПУС без защиты (1) и с тепловой защитой (2) со стороны холодильника.



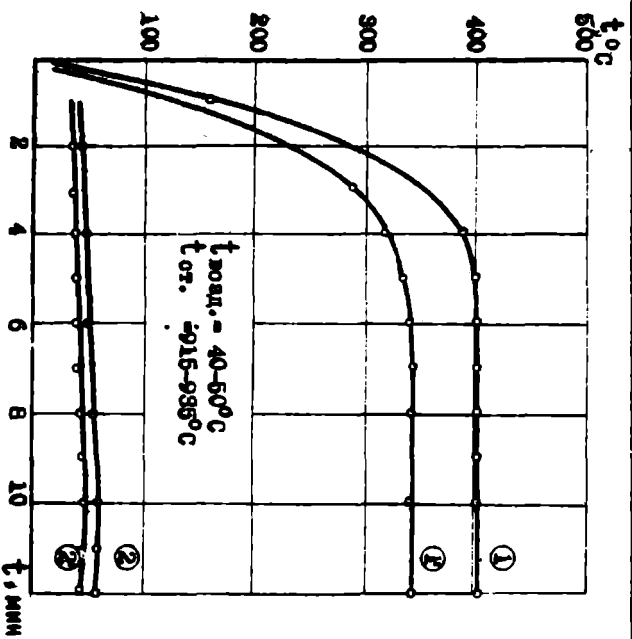
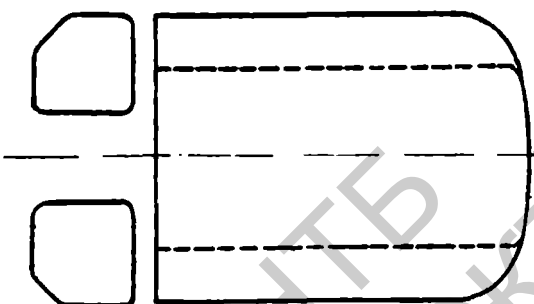


Рис. 5. Реж по времени по стандарту максимальной температуры термооса ПТМС на болонек подержностих мбтми максимума и температурно база дес сагити (1,1) и температурной (2,2)



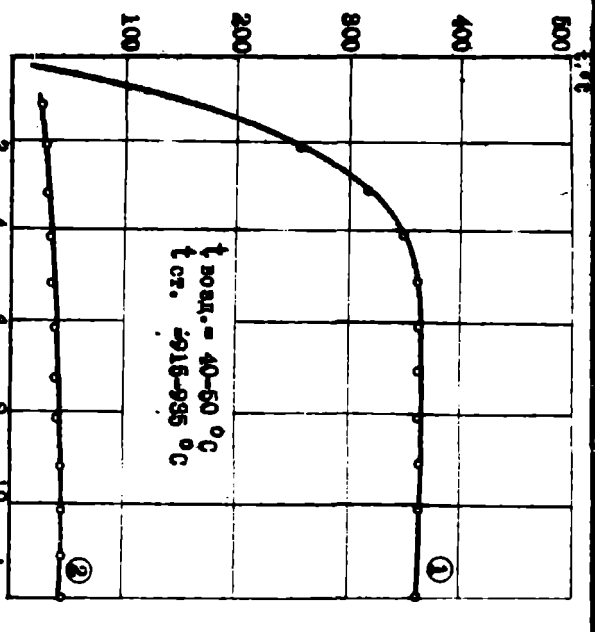


Рис. 8. Рост по времени до стабилизации максимальной температуры на боковой
 поверхности баллона и теплового отделения и аккумуляционных датчиков с
 датчик (1) и в теплового датчиков (2).

