

М П С — С С С Р

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

инженер Н. Е. ИВАНОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ
МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВЗОВ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ
ПЕРЕДАЧАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ
ИХ РАБОТЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

г. Днепропетровск, 1969 год

НТБ
ДНУЖТ

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации инженера Н. Е. Иванова.

Просим Вас и всех заинтересованных лиц Вашего учреждения принять участие в публичной защите диссертации или прислать свой отзыв в письменном виде в 2-х экземплярах, заверенный печатью Вашего учреждения, по адресу:

г. Днепропетровск, 10, ул. Университетская 2, ДИИТ.

Работа выполнена в электрометаллургическом заводе «Днепроспецсталь».

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор **В. Н. ТВЕРИТИН**.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **КУЗНЕЦОВ Т. Ф.**

кандидат технических наук, доцент **ШЕЛЕСТ П. А.**

Ведущие предприятия: транспортное управление министерства черной металлургии СССР; металлургический завод имени Ильича, г. Жданов.

Автореферат разослан **4** октября 1969

Защита диссертации состоится **13** ноября 1969 г.

на заседании Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета факультетов **ВИСИН Н. Г.**

НТБ
ДНУЖТ

Удельная значимость промышленного железнодорожного транспорта в народном хозяйстве страны характеризуется следующими данными: стоимость его основных фондов составляет около 5,5—6 млрд. руб., а годовые эксплуатационные расходы достигают 2,5 млрд. руб. На промышленном транспорте занято более 1 млн. человек. Объем перевозок на промышленных и подъездных путях составляет более 6,8 млрд. тонн. На путях промышленных предприятий зарождается и заканчивает свой путь около 80% грузов, перевозимых магистральным транспортом.

Для обеспечения перевозок промышленный транспорт располагает большим хозяйством: его подвижной состав составляет сравнительно около 20% парка локомотивов и более 10% парка вагонов МПС; протяжение его путей достигает 71,5 тыс. км.

За последние годы локомотивный парк промышленных предприятий пополнился значительным количеством тепловозов различных типов, конструкции их стали сложнее. Вместе с тем возросли и требования предъявляемые к надежности работы агрегатов и систем маневровых тепловозов. Одним из важнейших свойств локомотива, связанных с его надежностью и долговечностью, является работоспособность. Не только надежность, но и работоспособность существенно зависят от условий эксплуатации локомотива. Работоспособный при одном режиме эксплуатации, он может оказаться не работоспособным при более тяжелых режимах работы.

Условия и режимы работы локомотивов на промышленном железнодорожном транспорте очень разнообразны и значительно отличаются от условий и режимов эксплуатации локомотивов таких же серий на путях железных дорог МПС. Достаточно назвать некоторые из таких условий:

— локомотивы промышленного транспорта непосредственно принимают участие в технологическом процессе, причем технологический процесс, как правило, является непрерывным;

— различное изменение скоростных и нагрузочных режимов отличает работу тепловозов даже на одних и тех же участках одного и того же завода;

— дизели тепловозов промышленного транспорта продолжительное время работают на холостом ходу;

— на промышленном транспорте тепловозы работают в зонах повышенной запыленности воздуха и отдельные из них — в зонах высоких температур и т. д.

До настоящего времени не опубликовано сколько-нибудь значительных научных исследований, направленных на изучение режимов работы маневровых тепловозов промышленного транспорта. Отсутствие научно обоснованных нормативных материалов по срокам службы и межремонтным пробегам тепловозов и их систем, в определенных условиях эксплуатации, не дает возможности установить сколько времени они будут надежно работать, когда и что в них надо заменить или отремонтировать. Устанавливаемый локомотивостроительными заводами так называемый «гарантированный моторесурс» является по существу величиной произвольной. Предприятиям, эксплуатирующим тепловозы, этот показатель не дает полного представления о качестве их узлов, агрегатов и систем.

Практическим результатом исследования, в области изучения режимов работы тепловозов и влияния конкретных условий на их работоспособность, должна явиться разработка расчетных норм сроков и межремонтных периодов работы деталей, узлов и агрегатов, которые можно было бы использовать наряду с нормами прочности при проектировании новых тепловозов. В эксплуатационных условиях эти данные можно использовать при составлении ремонтных схем для тепловозов, уже находящихся в эксплуатации.

Содержание настоящей работы составляет анализ результатов исследования режимов работы маневровых тепловозов серии ТГМ1. Опыты по определению режимов работы этих тепловозов при выполнении ими маневров проводились на электрометаллургическом заводе «Днепроспецсталь». Исследования имели целью решение следующих вопросов:

Определение режимов работы маневровых тепловозов серии ТГМ1 на различных участках завода;

2. Определение действительного расхода дизельного топлива при данных режимах работы;

3. Нахождение количественных характеристик показателей надежности.

Для решения поставленных задач тепловоз ТГМ1 № 1898 (один из «средних» локомотивов общего парка) был оборудо-

ван специальным приспособлением для регистрации процессов работы основных агрегатов и систем, а также установкой для определения фактического расхода дизельного топлива *).

Диссертационная работа состоит из краткого введения, трех разделов с выводами, рекомендаций (в том числе — предложений по упрощению систем тепловозов), списка использованной литературы и приложений.

В введении даны характеристика промышленного транспорта и постановка цели исследования, а также определены технико-экономические показатели и условия применения тепловозной тяги для конкретных условий металлургического завода.

В первом разделе диссертации, объединяющем четыре параграфа, приведены обоснование выбора типов тепловозов и технико-экономическая эффективность тепловозной тяги для данного завода.

Содержание первого параграфа составляет уточнение обоснования выбора вида тяги. Произведен анализ опубликованных исследований по разработке методики выбора вида тяги для промышленных предприятий. Необходимость такого обоснования объясняется тем, что действительные условия работы тепловозов и ряд технико-экономических показателей для конкретного металлургического завода несколько отличны от рассматриваемых в работе Е. А. Ашкенази и В. И. Баканова*). В первом параграфе доказано, что основным видом тяги для металлургического завода, имеющего уклон железнодорожных путей до 8‰ и грузооборот до 10—11 млн. тонн в год, может быть признана тепловозная тяга.

Во втором параграфе произведено определение потребного количества тепловозов для обеспечения работы всех производственных цехов завода. Расчет потребного количества маневровых тепловозов произведен с учетом в каждом отдельном случае вида движения и характера выполняемой работы. В этом же параграфе дается обоснование выбора типов тепловозов для чего производится необходимый расчет применительно к характеристике транспорта данного металлургического завода.

*) Приспособление для регистрации процессов работы основных агрегатов и систем, а также установка для определения расхода топлива разработаны и предложены автором (их подробное описание приведено в диссертации, а также в литературных источниках (29), (30), (31) и (32), указанных в ней).

*) Ашкенази Е. А., Баканов В. И. Сферы применения различных видов тяги на промышленном железнодорожном транспорте. «Трансжелдориздат», М., 1963.

Параграф третий содержит расчет технико-экономических показателей тепловозной тяги для металлургического завода. Определены капитальные и эксплуатационные затраты, произведен расчет сроков окупаемости для данных условий и объема перевозок. Результаты расчета подтверждают экономическую эффективность внедрения тепловозной тяги на железнодорожном транспорте металлургических заводов.

В четвертом параграфе изложена техническая характеристика тепловоза ТГМ1 и дано описание конструктивных и технологических недостатков тепловозов с гидравлической передачей типов ТГМ1, ТГМЗ и ТГМЗА. В этом же параграфе кратко изложены мероприятия, проводимые локомотивостроительными заводами по улучшению конструкции и технологии изготовления локомотивов. После рассмотрения технико-экономических показателей тепловозной тяги и сравнения их с аналогичными показателями паровозной тяги можно сделать следующие выводы:

- промышленным предприятиям выгодно приобретать самые совершенные типы маневровых тепловозов;
- капитальные затраты при переходе на тепловозную тягу окупаются в нормативные сроки;
- для обеспечения эксплуатационной надежности тепловозов с гидравлической передачей необходимо создание специализированной ремонтной базы.

Во втором разделе дается описание экспериментального определения режимов работы маневровых тепловозов ТГМ1. Раздел объединяет пять параграфов.

В первом параграфе изложен метод, принятый для исследования эксплуатационных режимов маневровых тепловозов. Так как дефекты и отказы возникают в результате воздействия на тепловоз многочисленных факторов, то при изучении их приходится сталкиваться со случайными процессами и случайными величинами. Для количественной оценки влияния различных факторов на режим работы тепловоза и его работоспособность были использованы те разделы математики, которые изучают закономерности случайных явлений — теория вероятностей и математическая статистика. Статистические закономерности наблюдаются всегда, когда имеют дело с большим количеством однородных явлений. Закономерности, проявляющиеся при этом, оказываются практически независимыми от индивидуальных особенностей отдельных случайных явлений, входящих в это количество. Именно эта, многократно подтвержденная опытом, устойчивость массовых случайных явлений и

послужила основанием для применения вероятностных (статистических) методов в данном исследовании.

В этом же параграфе приводятся технические характеристики приспособления для регистрации процессов работы основных узлов и агрегатов маневровых тепловозов, описание его конструкции. Исследования по определению режимов работы производились методом записи параметров всех главных процессов на диаграммную ленту шириной 300 мм.

Во втором параграфе этого раздела приведены основные понятия и определения из теории вероятностей и математической статистики применительно к рассматриваемым в диссертации вопросам.

Число оборотов вала дизеля маневрового тепловоза ТГМ1 является непрерывной случайной величиной, так как в процессе работы дизель может развивать любое число оборотов вала в пределах 500—1600 об/мин. Для исследования режимов работы в условиях рядовой эксплуатации, в том числе для определения изменений чисел оборотов вала дизеля, тепловоз ТГМ1 № 1898 был подвергнут испытаниям при следующей различной работе и при следующей продолжительности опытов:

1. Маневровая работа на станции «Центральная»	120 ч.
2. Маневровая работа на станции «Сортировочная»	130 ч.
3. Обслуживание направления № 1	140 ч.
4. Обслуживание направления № 2	130 ч.
5. Вывозная работа	120 ч.
6. Обслуживание скрапобазы	120 ч.

Таким образом, общее время испытаний составляет 760 часов. Тепловоз работал с составами весом от 10 до 1200 тонн, на путях с профилем от $i = 0\%$ до $i = 13\%$. Для каждого часа работы тепловоза были составлены протоколы изменений чисел оборотов вала дизеля. В каждом случае число наблюдений превышало 300. Для этих изменений было принято 12 разрядов при интервале между числами оборотов, равном 90 (от 520 до 610, от 610 до 700 и т. д. до 1600). На основании протоколов наблюдений были составлены таблицы распределений по разрядам и рассчитаны частоты, после чего построены гистограммы изменений чисел оборотов вала как экспериментальные, так и теоретические и включены в диссертацию в виде отдельного приложения.

Дифференциальная функция распределения случайной величины непрерывного типа, подчиняющаяся закону нормального распределения, имеет следующее выражение

$$f_n(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

где x_i — переменная случайная величина ($-\infty < x_i < \infty$);

$f_n(x)$ — плотность вероятности;

σ — среднеквадратическое отклонение величины X ;

\bar{x} — среднееарифметическое значение величины X ;

e — основание натуральных логарифмов, $e = 2,718$

Кривые нормального распределения были построены для всех гистограмм, дающих наглядное представление о распределении чисел оборотов вала дизеля маневрового тепловоза во времени. Во всех случаях они достаточно хорошо охватывали опытные гистограммы. Однако такое соответствие требовало оценки. Случайная величина, распределенная по нормальному закону может быть записана при предпринимаемой оценке через функцию накопления частоты

$$F(x) = 0,5 + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}\right), \quad (2)$$

где \bar{x} и σ являются соответственно средним арифметическим значением и средним квадратическим отклонением случайной величины, т. е. чисел оборотов дизеля.

Возможно обозначить $\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} = t$, тогда функция $\Phi(t)$ определится равенством

$$\Phi(t) = \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (3)$$

а ее значения находятся по таблицам.

Необходимость проверки правильности сделанного выбора закона распределения в качестве теоретического для рассматриваемой случайной величины приводит к рассмотрению критериев согласия. Одним из наиболее часто применяемых является критерий хи-квадрат (критерий Пирсона).

В качестве меры расхождения между теоретическим и экспериментальным распределениями применяется также критерий А. Н. Колмогорова.

Как по критерию хи-квадрат, так и по критерию А. Н. Колмогорова проверки по всем наблюдениям дали положительные результаты. Таким образом, возможно с достоверностью считать, что изменение чисел оборотов вала дизеля тепловоза, совершающего работу на различных участках металлургического завода подчиняется закону нормального распределения. Такой вывод является основанием для проектирования дизелей для промышленных тепловозов и для оценки эффективности использования двигателей на существующих тепловозах при их работе на металлургических заводах.

В третьем параграфе дается описание процесса исследований, указывается способ обработки диаграмм и получения количественных характеристик параметров узлов, агрегатов и систем тепловоза ТГМ1 № 1898. В течение 760 часов на шести участках завода на непрерывно движущейся ленте приспособления, установленного на опытном тепловозе, записывались следующие данные: время манежного и поездного режимов, время движения вперед и назад, перемещения рейки топливного насоса, число оборотов вала дизеля, время работы вентилятора, компрессора, прямодействующего тормоза, гидротрансформатора, первой и второй гидромуфт. Все эти данные позволили определить режимы и эффективность использования тепловоза с гидравлической передачей на металлургическом заводе. Следует особенно отметить, что эти данные показали, что тепловоз в основном все время работал только на одном гидроаппарате, — гидротрансформаторе; первая гидромуфта почти совсем не включалась, вторая не включалась совершенно.

В четвертом параграфе подвергнуты анализу результаты экспериментального определения режимов работы тепловоза ТГМ1. В результате обработки протоколов наблюдений получены данные, которые сведены в таблицы, одна из них в виде примера приведена ниже.

НТБ
ДНУЖТ

С м е н ы	Режим работы тепловоза ТГМ1														Всего работы в течение смены
	Дизель заглушен		Работа дизеля на холостом ходу						Рабочий ход						
	Тепловоз стоит		Тепловоз стоит		Тепловоз в движе- нии		Общее время рабо- ты дизеля		Маневро- вый режим		Поездной режим		Общее вре- мя рабо- чего хода		
	час	%	час	%	час	%	час	%	час	%	час	%	час	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1,6	13	5,2	43	1	9	6,2	52	0,2	2	4	33	4,2	35	12
2	2,2	18	4,9	41	0,7	6	5,6	47	0,2	2	4	33	4,2	35	12
3	1	8	6	51	0,9	7	6,9	58	0,9	7	3,2	27	4,1	34	12
4	1,2	10	5,5	46	0,8	7	6,3	53	1	8	3,5	29	4,5	37	12
5	0,4	3	6,1	51	0,9	7	7	58	1	8	3,6	31	4,6	39	12
6	2	16	4,9	41	1	9	5,9	50	0,1	1	4	33	4,1	34	12
7	1,9	16	5,2	43	0,8	7	6	50	0,1	1	4	33	4,1	34	12
8	1,8	15	5,5	46	0,9	7	6,4	53			3,8	32	3,8	32	12
9	1,9	16	4,8	40	0,9	7	5,7	47	0,4	4	4	33	4,4	37	12
10	4,9	41	3,8	32	0,5	4	4,3	36	0,1	1	2,7	22	2,8	23	12
11	2,2	18	5,5	46	0,8	7	6,3	53	0,3	3	3,2	27	3,5	29	12
12	2,4	30	2,6	33	0,5	6	3,1	39	0,4	5	2,1	26	2,5	31	8
Итого за 12 смен	23,5	17	60,0	43	9,7	7	69,7	50	4,7	3	42,1	30	46,8	33	140

Примечания: 1. Продолжительность работы тепловоза (дизеля) в процентах взята от продолжительности каждой рабочей смены.

2. В итоге работа на различных режимах в процентах определена от продолжительности всех наблюдений (140 часов)

Данные таблиц и другие соответственно обработанные данные записей на ленте дают возможность определить среднюю мощность дизеля за один час работы, за смену, за весь период проведения испытаний.

Среднюю эффективную мощность, реализуемую за эти промежутки времени, можно подсчитать по формуле

$$N_{\text{эф}} = \frac{p_{\text{эф}} \cdot n_{\text{ср}}}{225} \frac{U_h}{i}, \quad \text{л. с.} \quad (4)$$

где $p_{\text{эф}}$ — среднее эффективное давление в кгс/см², определяемое по заводской характеристике дизеля ДД12-400 при данном числе оборотов;

U_h — рабочий объем всех цилиндров, $U_h = 38,8$ л.;

i — количество тактов, $i=4$;

$n_{\text{ср}}(\bar{x})$ — среднее число оборотов вала дизеля.

Касательная мощность N_k определяется по формуле

$$N_k = \left[\eta_{\text{п}} (1 - \beta) \right] N_{\text{эф}}, \quad (5)$$

где $\eta_{\text{п}}$ — коэффициент полезного действия передачи;

β — доля мощности дизеля, расходуемая на вспомогательные нужды тепловоза.

В конечном итоге рассчитывается касательная сила тяги по формуле

$$F_k = \frac{270 N_k}{v_{\text{ср}}} \quad (6)$$

Результаты расчетов всех перечисленных выше величин также сведены в таблицы. В виде примера таких сводок приводится таблица 2.

Содержание пятого параграфа составляет определение расхода топлива в зависимости от режимов работы тепловоза на разных участках завода. Эти данные необходимо было получить для установления обоснованных норм расхода дизельного топлива. Вычисление количественных характеристик, определяющих маневровый режим и затрат энергочасов на выполнение различных операций дают возможность подсчитать расход топлива. Подсчет расхода топлива на одну эффективную л. с. ч. произведен по формуле

$$q = \frac{B \cdot 1000}{N_{\text{эф}} \cdot t}, \quad \text{г/э. л. с. ч.} \quad (7)$$

где B — расход топлива за время испытания в кг;

$N_{эф}$ — эффективная мощность, которую развивал дизель при испытании в л. с.;

t — время, в течение которого работал дизель на этом режиме в часах.

Таблица 2

С м е н ы	Средние значения					N _{эф} в процентах от номинального значения
	числ оборотов вала дизеля пер (х), об/мин.	эффективного давления P _{эф} , кгс/см ²	эффективной мощности N _{эф} , л. с.	касательной мощности N _к , кгс	касательной силы тяги F _к , кгс	
1	2	3	4	5	6	7
1	1083	6,28	293	211	5320	74
2	1130	6,33	308	222	5604	77
3	1094	6,30	297	214	5401	74
4	1145	6,32	312	225	5679	78
5	1106	6,31	302	217	5477	75
6	1083	6,28	293	211	5320	74
7	1103	6,31	301	217	5477	75
8	1076	6,26	291	209	5275	73
9	1098	6,35	300	216	5452	75
10	1132	6,35	310	223	5628	78
11	1074	6,28	291	209	5275	73
12	1108	6,33	303	218	5502	76
За 12 смен (140 ч.)	1104	6,33	302	217	5477	76

Соответственно рассчитывались нормы расходов топлива на 1 час работы тепловоза на различных участках завода. Они являлись обоснованными, так как, с одной стороны, они вытекали из опытных поездок, а с другой стороны, они были эквивалентны удельным расходам q которые соответствовали полностью нормативам для данного типа дизеля.

Результаты проведенных исследований позволяют прийти к следующим обобщениям:

— эксплуатационные исследования режимов работы маневровых тепловозов на промышленных предприятиях могут дать надежные данные для широких научных обобщений. Надежность таких статистических данных обусловлена тем, что исследования являются массовыми и режимы не являются искусственными и форсированными;

— предложенная методика испытания тепловозов позволяет при относительно небольших затратах провести исследования по определению режимов работы маневровых локомотивов на каждом предприятии;

— маневровые тепловозы с трехциркуляционной гидropедачей недостаточно приспособлены для нужд маневровой работы таких промышленных предприятий, как металлургические заводы, где локомотивы непосредственно принимают участие в технологическом процессе; такие тепловозы слишком сложны;

— расчет удельного, часового и общего расходов топлива по предложенной методике, с учетом режимов работы тепловозов, позволяет при минимальных объемах вычислительных операций наиболее правильно и точно отобразить нормы расхода топлива на маневровые передвижения в то время, как рекомендуемые различными предписаниями нормы, являются грубо приближенными.

Третий раздел объединяет пять параграфов. В первом параграфе даются общие понятия о надежности тепловоза, его агрегатов и систем. В этом же параграфе рассматриваются факторы, влияющие на надежность и долговечность тепловозов.

Во втором параграфе рассматриваются теоретические основы надежности, даны определения и приведен анализ таких понятий как отказ, безотказность, ремонтнопригодность, заводская и эксплуатационная надежность в соответствии с требованиями ГОСТа 13377--57 и ОСТ 24.040.03 от 29 апреля 1969 г. Подробно описаны наиболее важные свойства и предельные состояния изношенности систем и агрегатов тепловоза ТГМ1, введены соответствующие показатели для определения количественных характеристик надежности.

Интенсивность отказов определяется по формуле

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N_{cp}(t) \cdot t} \quad (8)$$

где $n(t)$ — число отказавших узлов и деталей в рассматриваемой группе тепловозов за промежуток времени от t до $t + \Delta t$;

Δt — интервал времени;

$N_{cp}(t)$ — число исправно работавших узлов и деталей в рассматриваемой группе тепловозов.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ в общем случае определяется по формуле

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (9)$$

Принимая во внимание то обстоятельство, что у большинства деталей и узлов имеется, как правило, длительный период, во время которого интенсивность отказов остается практически постоянной, можно принять

$$\lambda(t) = \lambda = \text{const}$$

В этом случае следует, что для постоянной интенсивности отказов функция надежности $P(t)$ математически записывается в форме показательного закона

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (10)$$

В третьем параграфе дано описание метода получения опытных данных для определения количественных характеристик надежности. Рассматриваются два вида исследований тепловозов, их агрегатов и систем на надежность и долговечность: лабораторные (полигонные) и эксплуатационные. Анализируются преимущества и недостатки каждого из них. В этом же параграфе приводятся статистические данные об отказах тепловозов ТГМ1.

Четвертый параграф третьего раздела посвящен определению количественных характеристик надежности. Анализ характеристик частоты появления отказов, который приведен в третьем параграфе позволяет оценить вероятность безотказной работы $P(t)$ тепловозов ТГМ1 в течение их службы. Используя данные сводки отказов можно определить интенсивность отказов $\lambda(t)$. Так как меньшим значениям интенсивности отказов соответствуют более высокие значения вероятности безотказной работы $P(t)$, и наоборот, то определение количественных значений надежности произведено применительно к $\lambda(t)$. Всего было проведено 3 варианта расчетов надежности узлов и систем тепловозов ТГМ1, давших близкие по сходимости результаты. Результаты расчетов по основному варианту приведены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование узлов и деталей систем	Время работы тепловоза в тыс. часах									
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	Вероятность безотказной работы P (t)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дизель	0,82	0,69	0,58	0,48	0,40	0,33	0,27	0,23	0,19	0,16
Гидропередача	0,91	0,82	0,74	0,67	0,61	0,55	0,50	0,47	0,38	0,33
Пневматическая система	0,90	0,81	0,73	0,66	0,59	0,53	0,48	0,43	0,38	0,35
Экипажная часть	0,90	0,81	0,73	0,66	0,59	0,53	0,48	0,43	0,38	0,35
Электрооборудование	0,86	0,73	0,63	0,54	0,46	0,39	0,35	0,29	0,25	0,21
Тепловоз ТГМ1 в целом	0,54	0,27	0,14	0,07	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00

По данным таблицы 3 построены характеристики вероятности безотказной работы основных агрегатов и систем тепловоза ТГМ1. Представляет интерес вариант расчета надежности по заводским данным и перечню возможных отказов. Из этого расчета следует вывод, что перечень возможных отказов должен локомотивостроительными заводами сводиться к минимуму. При существующих перечнях возможных отказов как бы планируется недостаточная долговечность выпускаемых заводами тепловозов.

В пятом параграфе произведен анализ результатов определения надежности тепловоза ТГМ1. Из сопоставления результатов исследования и данных технического проекта тепловоза ТГМ1 видно, что действительные режимы работы на металлургическом заводе значительно отличаются от режимов принятых при конструировании локомотива.

Опыт эксплуатации и исследования по определению режимов работы, действительного расхода топлива и вероятности безотказной работы маневровых тепловозов ТГМ1 в условиях их использования на металлургическом заводе позволяют сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Маневровые тепловозы ТГМ1 с гидравлической передачей имеют ряд конструктивных и технологических недостатков, которые создают значительные трудности как для ремонтников, так и для эксплуатационников. Установлено, что маневровые тепловозы с трехциркуляционной гидропередачей мало приспособлены для нужд маневровой работы металлургическо-

го завода, где локомотивы непосредственно принимают участие в технологическом процессе.

Вследствие недостаточной надежности основных систем тепловоза ТГМ1 сроки проведения плановых ремонтов сокращаются, ряд деталей и узлов тепловоза ТГМ1 требуют постоянного наблюдения и контроля в эксплуатации. Предприятия должны располагать увеличенным парком локомотивов для замены тепловозов, отказавших в процессе эксплуатации.

2. Методика проведения исследований, приведенная в диссертации дает возможность:

— при относительно небольших затратах средств и материалов провести необходимые опыты по определению режимов работы маневровых локомотивов на каждом предприятии;

— получить надежные статистические данные для необходимых научных обобщений, изучить изменение технического состояния всех основных агрегатов и узлов систем тепловозов, эксплуатирующихся на промышленных предприятиях;

— определить влияние конструктивных и технологических факторов на надежность работы всех систем тепловозов.

3. Для количественной оценки влияния условий эксплуатации на режим работы тепловозов можно использовать те разделы математики, которые изучают закономерности случайных явлений — теорию вероятностей и математическую статистику. Такое обстоятельство позволило установить важные обобщения, заключающиеся в том, что при маневровой работе тепловозов на металлургическом заводе изменение чисел оборотов дизелей подчиняется нормальному закону, что дает значительные обоснования для конструирования двигателей для промышленных локомотивов и для продуманной их эксплуатации.

Исследования по предлагаемой методике дали возможность установить, что на электрометаллургическом заводе «Днепро-спецсталь» средняя эксплуатационная мощность, которую реализуют тепловозы при непосредственном производстве маневровых работ, составляет 76% от номинальной. Работы тепловозов на холостом ходу составляет 50% от общего времени работы. На маневровом режиме тепловозы работают 3% от времени рабочего хода, остальное время работа производится на поездном режиме. Движение тепловозов происходит в основном на гидротрансформаторе, время работы которого составляет 97% от продолжительности работы гидропередачи. Первая гидромурфта включается только в течение 3% от времени работы гидропередачи.

4. Знание действительных режимов работы позволяет определить все важнейшие критерии надежности: интенсивность отказов, вероятность безотказной работы, частоту отказов и др. Возможно определение и эксплуатационных свойств тепловозов: готовности к действию после отказа, способности к восстановлению, ремонтнопригодности и т. д.

Анализ полученных количественных характеристик показывает, что эксплуатационная надежность тепловозов ТГМ1 при их работе на металлургическом заводе после 500 часов непрерывной работы составляет: дизеля 0,82, гидравлической передачи 0,91, пневматической системы 0,90, экипажной части 0,90, электрооборудования 0,86, всех систем тепловоза 0,54.

5. Маневровый тепловоз для промышленного транспорта должен удовлетворять следующим требованиям:

— иметь дизель со средней скоростью вращения вала не больше 1000 об/мин;

моторесурс такого двигателя должен составлять 14—15 тыс. часов и примерно соответствовать моторесурсу гидравлической передачи. Это даст возможность производить ее замену только на подъемочном или заводском ремонтах;

в основу проектирования дизеля должен быть положен нормальный закон распределения чисел оборотов и конкретные данные относящиеся к режимам работы двигателя на промышленном транспорте;

— скорость маневровых тепловозов промышленного железнодорожного транспорта по условиям расположения производственных цехов, путевого развития, технологии грузоперевозок не должна превышать 35—40 км/час. Исходя из этого гидравлическая передача должна иметь:

— один гидроаппарат (максимум два);

— один режим работы (желательно иметь передаточное отношение чисел оборотов дизеля к колесным парам тепловоза соответствующее поезвному режиму работы);

— тепловоз должен быть оборудован гидравлическим устройством для изменения направления движения. Если обычный реверс можно переключать только при полной остановке локомотива и минимальных оборотах дизеля, то гидравлический реверс можно переключать в противоположное положение на ходу, не ожидая пока тепловоз остановится. В период остановки гидравлический реверс должен работать как тормоз, а после остановки тепловоз сразу же должен двигаться в противоположном направлении. Это устройство даст возможность сократить время, затрачиваемое на переключение направления

движения, которое при работе тепловозов на металлургическом заводе является значительным (на изменение направлений движения, а также на включение и выключение гидротрансформатора затрачивается 22% от всего времени работы гидропередачи).

непосредственный от дизеля привод вентилятора следует заменить автономным приводом от электродвигателя или через гидравлическую муфту;

— для тепловозов, работающих на промышленном транспорте, важно решить вопрос о возможности поглощения (нейтрализации) отходящих газов так, чтобы было исключено их вредное воздействие на локомотивные бригады и людей, работающих в производственных цехах (при работе в них локомотивов).

6. Локомотивостроительным заводам следует провести работу по устранению конструктивных недостатков, при этом;

— при проектировании новых деталей, узлов и агрегатов систем тепловозов необходимо обеспечивать заданные условия надежности, т. е. разрабатывать такие системы, чтобы была обеспечена надежная работа тепловозов за время между двумя плановыми ремонтами;

конструируя системы тепловозов следует разрабатывать мероприятия, направленные на устранение действия факторов, вызывающих отказы функционирования. Перечень возможных неисправностей и отказов должен быть сведен к минимуму;

— в технических документах на все ответственные детали и агрегаты систем тепловозов должны быть указаны значения предполагаемого времени безотказной работы локомотивов.

7. Предприятие, которое эксплуатирует тепловозы должно: организовать научно обоснованные способы эксплуатации тепловозов с учетом действительных условий их работы;

— установить сроки проведения очередных профилактических ремонтов в зависимости от режимов работы тепловозов. Для предприятия, рассмотренного в диссертации, они составляют соответственно 12 суток для участка с самым тяжелым режимом и 22 суток для участка с самым легким режимом работы. За этот срок тепловозы ТГМ1 на любом из участков расходуют около 4,5 тонны дизельного топлива. Расход топлива также должен являться критерием для установления периодов межремонтной работы.

8. Осуществление приведенных рекомендаций в значительной степени упростит конструкцию гидропередачи, повысит

надежность работы всего тепловоза, которая после 500 часов работы должна составлять не менее 0,95—0,97.

9. В настоящей исследовательской работе приведены теоретические обоснования и предположения, которые вытекают из современного уровня изучения проблем маневровой тяги на промышленном железнодорожном транспорте. Научное обобщение результатов изучения действительных режимов работы маневровых локомотивов на промышленных предприятиях дает возможность осуществить технико-экономический анализ, который должен являться основой для правильного решения вопросов, связанных с созданием типов маневровых локомотивов предназначенных непосредственно для нужд промышленного железнодорожного транспорта, в чем уже давно ощущается самая острая необходимость.

Диссертационная работа содержит 262 страницы, 26 рисунков, 4 приложения.

Перечень литературы состоит из 80 названий.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В ПЕЧАТИ:

1. И в а н о в Н. Е. Технико-экономическая эффективность тепловозной тяги в условиях металлургического завода. Труды ДНИТа. Выпуск 65. Издательство «Транспорт», М., 1967

2. И в а н о в Н. Е. Определение режимов работы тепловозов ТГМ1 на промышленных предприятиях. Труды ДНИТа. Выпуск 65. Издательство «Транспорт», М., 1967

3. И в а н о в Н. Е. О нормировании расхода топлива на промышленном транспорте. «Электрическая и тепловозная тяга». 1968, № 7

4. И в а н о в Н. Е. Определение оптимальных условий эксплуатационной работы маневровых тепловозов. Труды ДНИТа. Выпуск 80. Днепропетровск, 1968.

5. И в а н о в Н. Е. Определение надежности маневровых тепловозов серии ТГМ1. Труды ДНИТа. Выпуск 80. Днепропетровск, 1968.

6. И в а н о в Н. Е. Исследование режимов работы тепловозов на заводе «Днепроспецсталь». «Электрическая и тепловозная тяга» 1969, № 7

МАТЕРИАЛЫ ДИССЕРТАЦИИ ДОЛОЖЕНЫ НА:

всесоюзном отраслевом совещании работников локомотивного хозяйства, Челябинск, 1968 год.

четвертой конференции по надежности локомотивов, Калуга, 1969

НТБ
ДНУЖТ

Сканировала Юнаковская В. В.

Днепропетровск, типография завода им. Петровского. 1396—200.
Объем 1¹, п. л. 29.VIII-1969 г. БТ 04796.