

ХАРЬКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

на правах рукописи

Фалендыш Анатолий Петрович

УДК 629.424.14

**Оценка технического уровня маневровых тепловозов
для железных дорог Украины**

Специальность 05.22.07 - Подвижной состав железных дорог и тяга
поездов

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель -
доктор технических наук, профессор
Тартаковский Эдуард Давидович

Харьков - 1997

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО УРОВНЯ МАНЕВРОВО- ВЫХ ЛОКОМОТИВОВ.....	10
1.1. Технический уровень маневровых локомотивов, его толкования и определения.....	10
1.2. Анализ работ по методикам определения качества тяго- вого подвижного состава.....	22
1.3. Обзор методов прогнозирования технических пара- метров локомотива.....	34
1.4. Выводы и постановка задачи по определению техниче- ского уровня маневровых тепловозов.....	35
ГЛАВА 2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАНЕВРОВО- ВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ	38
2.1. Методика определения номенклатуры показателей ма- невровых тепловозов с использованием теории множеств..	38
2.2. Методика прогнозирования параметров маневровых тепловозов по их удельным характеристикам	65
2.3. Получение зависимостей между показателями локомо- тивов.	80
2.3.1. Силовые характеристики локомотивов	82
2.3.2. Весогабаритные характеристики локомотивов	83
2.3.3. Осевые характеристики маневровых локомотивов....	85
2.3.4. Прочие зависимости характеристик маневровых теп- ловозов.	85

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ МЕТО- ДОМ ИНДЕКСОВ	88
1.1.	Л.
Выбор и определение рациональных и иррациональных параметров.....	99
1.2. Выбор базового локомотива	100
1.3. Определение показателя технического уровня.....	102
1.4. Динамическая оценка технического уровня маневровых локомотивов	108
1.5. Программный комплекс обработки информации по ма- невровым локомотивам	117
ГЛАВА 4. РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ	130
4.1. Технические характеристики проектируемого маневро- во-вывозного локомотива ТЭМ101 та модернизирован- ного тепловоза ЧМЭЗ.....	130
4.2. Определение технического уровня маневровых тепло- возов.	139
4.2.1. Выбор показателей локомотивов.....	139
4.2.2. Определение рациональности и иррациональности показателей локомотивов.....	139
4.2.3. Проверка достоверности параметров исследуемых ло- комотивов.....	140
4.2.4. Расчет коэффициента замещения параметров техни- ческого уровня маневровых локомотивов	143
4.2.5. Выбор базового локомотива	151
4.2.6. Расчет коэффициента технического уровня маневро- вых локомотивов	151

4.3. Динамическая оценка технического уровня локомоти-

вов 154

ВЫВОДЫ	157
СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	159
ПРИЛОЖЕНИЯ	169

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

БД	база данных
кпд	коэффициент полезного действия
ЛЭУ	локомотивная энергетическая установка
НТП	научно-технический прогресс
ОКР	опытно конструкторские разработки
Тех.Ур.	технический уровень
ТО	техническое обслуживание
ТПС	тяговый подвижной состав
ТР	текущий ремонт
ТС	транспортное средство
УЗ	Укрзалізниця

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение задач, что стоят перед железнодорожным транспортом Украины, во многом определяется качеством работы локомотивного хозяйства. В нынешнее время техническое состояние локомотивного хозяйства, а особенно маневровых тепловозов характеризуется постепенным его старением. Основным маневровым локомотивом, который эксплуатируется на железных дорогах Украины является тепловоз чешского производства ЧМЭЗ, количество которых превышает 47% всего парка тепловозов Укрзалізниці, или составляет более 95% всех маневровых тепловозов.

Государственной программой развития железнодорожного транспорта Украины 1992 г. предусматривается разработка и создание маневрового тепловоза мощностью 1000-1600 кВт. Это вызывает потребность в организации научно-исследовательских работ, направленных на повышение эффективности работы действующего и вновь проектируемого ПС. Поэтому наиболее острая и актуальная проблема в этом плане - создание маневрового тепловоза и модернизация существующих локомотивов современным оборудованием отечественного производства. Это, в свою очередь, ставит актуальную задачу научного обоснования оценки технического уровня, что создаются или модернизированных маневровых тепловозов для железных дорог Украины. Кроме того, Постановлением Кабинету Министров Украины №849 от 20.10. 1995р. "О Государственной программе развития государственной сертификации' продукции" предусмотрено создание системы сертификации на железнодорожном транспорте, в частности назначение, подготовка и аккредитация органов сертификации и центров сертификационных испытаний. Это вызывает создание необходимой нормативной документации для сертификации

продукции железнодорожного транспорта, в том числе и маневровых тепловозов.

Связь работы с научными программами, планами, темами

Диссертационная работа является частью научно-исследовательских работ кафедры “Эксплуатация и ремонт подвижного состава” (ЭРПС) Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта (ХарГАЖТ).

Цель работы

Заключается в научном обосновании и оценке технического уровня маневровых тепловозов для железных дорог Украины.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать методику оценки технического уровня маневровых тепловозов;
- разработать методику выбора номенклатуры показателей маневровых локомотивов с учетом вида выполняемой работы;
 - разработать методику прогнозирования характеристик маневровых локомотивов по их удельным параметрам;
 - определить временные показатели, характеризующие технический уровень локомотивов с динамической стороны;

Объектом исследования диссертационной работы являются маневровые тепловозы с электрической передачей.

Методика исследования

Решение сформулированных задач выполнено с применением экспертных методов, вероятностно-статистического моделирования, теории корреляционного анализа, теории надежности, современных методов определения технического уровня сложных объектов, инженерного прогнозирования, квалиметрии, теории принятия технических решений и методов таксономии.

Методологической основой исследования, определяющей структуру и организацию диссертационной работы, является концепция системного подхода к решению важной народнохозяйственной задачи повышения эффективности эксплуатации маневровых тепловозов при определении наилучшего варианта по значению технического уровня при модер-

низации существующих тепловозов и выпуске новых с технико-экономическими параметрами мирового уровня.

Новизна научных результатов

Новизна научных результатов состоит в:

- теоретическом обобщении и созданной методике прогнозирования технических параметров маневровых тепловозов по их удельным характеристикам;
- получены зависимости между различными показателями маневровых локомотивов;
- разработана методика определения технического уровня локомотива с учетом его основных свойств и вида выполняемой работы.
- определены номенклатуры показателей маневрового локомотива для маневровой и вывозной работы;
- определены динамические показатели технического уровня проектируемого маневрово-вывозного тепловоза и модернизированного дизелем 9Д80 тепловоза ЧМЭЗ.
- разработан программный комплекс для расчета технического уровня маневровых локомотивов и других решаемых в диссертации задач.

Практическая ценность

Разработанные методики и полученные прогнозные параметры локомотивов используются при корректировке технических заданий и технических проектов на создаваемые и модернизированные маневровые тепловозы, а также в учебном процессе при дипломном проектировании и подготовке специалистов и магистров по специальности “Локомотивы”. Разработанный программный комплекс можно использовать как в научно-исследовательской, так и в учебной работе.

Апробация и реализация работы

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на 56, 57, 58 и 59-ой научно-технических конференциях кафедр ХарГАЖТ с международным участием (Харьков, 1994, 1995, 1996, 1997 гг.). Полностью диссертационная работа докладывалась на заседании кафедры ЭРПС ХарГАЖТ с участием членов специализированного совета (Харьков, 1997).

Публикации

Материалы диссертации опубликованы в 5 статьях, методических указаниях по учебным дисциплинам и дипломному проектированию для студентов ВУЗов железнодорожного транспорта по специальности “Локомотивы”, 3 научно-исследовательских отчетах и в 7 тезисах научно-технических конференций.

ГЛАВА 1

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО УРОВНЯ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ

1.1. Технический уровень ТС, его толкования и определения

Тех.Ур. объекта представляет собой количественную характеристику степени его технического совершенства и является составной частью технической оценки при общей оценке качества транспортных средств (рис. 1.1).

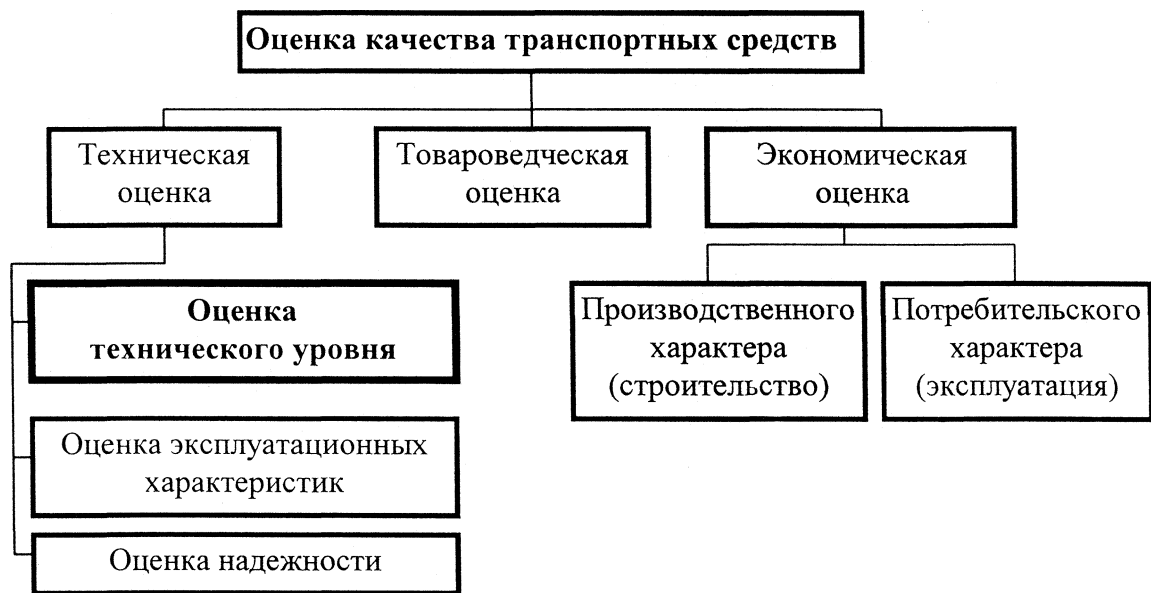


Рис. 1.1. Структура оценки качества транспортных средств

Понятие “технический уровень” продукции определяется ГОСТ 15467-79 “Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения” и трактуется как часть общего качества продукции: это относительная характеристика качества продукции, основанная на сопоставлении значений показателей, характеризующих техническое совершенство

оцениваемой продукции, с соответствующими базовыми значениями. Под оценкой технического уровня понимается "... совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми." [18].

Основным документом для оценки Тех.Ур. продукции служит карта технического уровня и качества продукции (карта уровня), разрабатываемая в соответствии с ГОСТ 2.116-84 «Карта технического уровня и качества продукции.» [19].

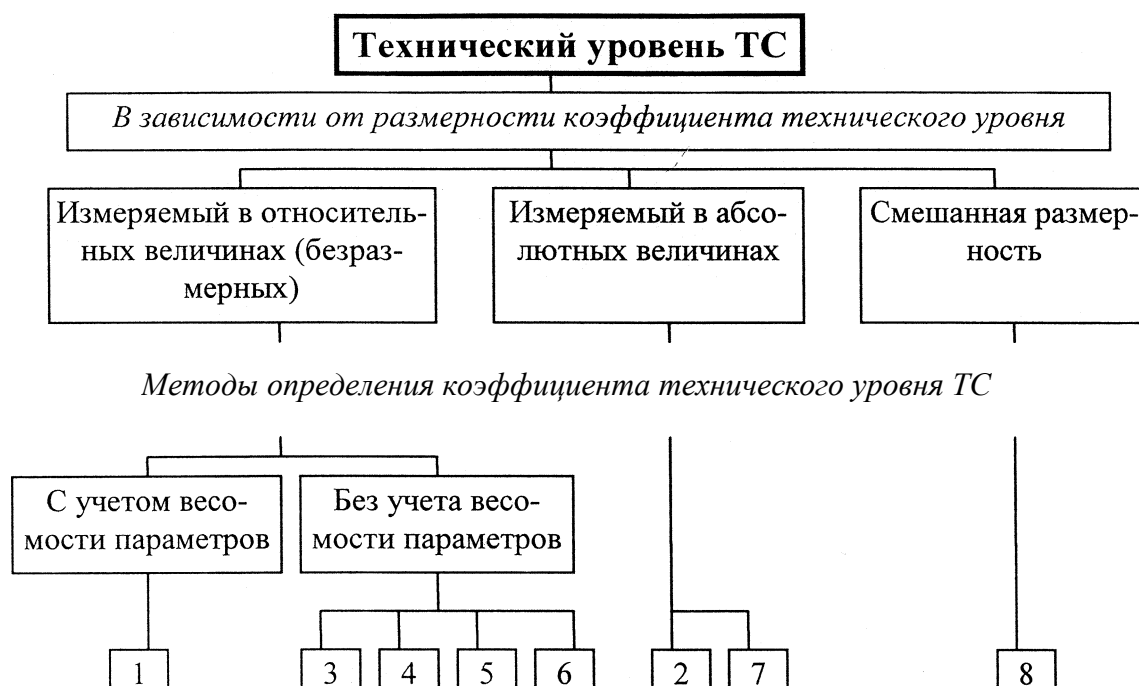
Одними из основных способов определения Тех.Ур. являются:

1. Определение на основе нормативно- технической документации (ГОСТы, ТУ и т.д.);
2. Определение по аналогу;
3. Математические методы определения.

Но в то же время Тех.Ур. транспортных средств имеет определенную размерность, которая может выражаться в различных технических и информационных единицах измерения. Следовательно, методы определения Тех.Ур. локомотивов в зависимости от размерности коэффициента технического уровня можно разделить на (рис. 1.2):

- методы определения с безразмерным коэффициентом Тех.Ур.;
- методы определения с коэффициентом Тех.Ур. имеющими определенную размерность;
- методы определения со смешанной размерностью коэффициента Тех.Ур.

При сравнении фактических значений показателей качества продукции с базовыми значениями удобно пользоваться относительными значениями. Уровень качества при этом будет определяться совокупностью относительных значений или функциями от этих значений.



1 - Метод весовых коэффициентов; 2 - квалитетрический метод (по Бурдакову); 3 - метод ГКНТ СССР; 4 - метод с использованием функции желательности; 5 - метод с использованием информационной оценки. 6 - метод предпочтений; 7 - индексный метод; 8 - метод использования трудности получения результата.

Рис. 1.2. Классификация методов определения технического уровня ТС в зависимости от размерности коэффициента технического уровня

Приведенные стандартные определения имеют четкую направленность на то, чтобы получать безразмерные числа, которые не имеют физического смысла, но удобные для счетных работ. Чтобы сгладить этот недостаток, важность каждого числа определяется его “коэффициентом весовости”.

Рассмотрим основные методы определения Тех.Ур. с безразмерной размерностью коэффициента Тех.Ур.

Ранее Тех.Ур. ТС оценивался по методике ГКНТ СССР [48], которая была принята как единая для всей машиностроительной продукции. Но для таких сложных объектов, как маневровые тепловозы она во многом непри-

емлема. Одной из самых важных недостатков данной методики является то, что все показатели не должны отклоняться в худшую сторону от соответствующего показателя аналога на 15 %. В противном случае считается, что оцениваемое изделие не соответствует аналогу. Но численные показатели маневрового локомотива отличаются друг от друга на несколько порядков. Например, удельные расходы топлива и масла на угар (соответственно 0,5-4 г/кВт.ч, и 190-280 г/кВт.ч.), ресурсы основных узлов локомотива (например ресурсы дизеля доходят до 100000 ч.) и ряд других показателей. Следовательно, использование в качестве критерия оценки установленного одинакового для всех показателей отклонения от соответствующих значений аналога является непригодным. Если еще учесть, что для значения некоторых параметров отклонение 15% составит величину меньшую, чем можно измерить экспериментально (например, расход масла на угар) или отклонение 15 % будет являться слишком свободным допуском (например, для ресурса некоторых узлов локомотива), то применение данной методики вообще неприемлемо.

В настоящее время Тех.Ур. маневровых тепловозов определяется по методике, единой для всех локомотивов, без учета вида назначения локомотива (ГКНТ СССР) [48]. Кроме того, на Украине в последнее десятилетие маневровые тепловозы не выпускались. Поэтому аналога для определения Тех.Ур. маневровых локомотивов в нашей стране на данный момент не существует.

Особый интерес представляют математические методы определения Тех.Ур. ТС. Рассмотрим основные из них.

Метод весовых коэффициентов оценки технического уровня локомотивов сводится к вычислению коэффициента Тех.Ур. и применяется в инженерном прогнозировании при использовании данных технической документации [16, 64, 78, 83, 97].

В проектно-конструкторских и проектно-технологических разработках приводятся, как правило, очень большое число расчетных параметров. Поэтому, чтобы оценить перспективность новых разработок тепловозов по сравнению с существующими в серийном производстве необходимо отыскать алгоритм, позволяющий свести обилие параметров к оптимальному числу критериев. В методе информационного прогнозирования на основе анализа ОКР преобразование информации осуществляется по критерию технического уровня.

Критерий Тех.Ур. по методу весовых коэффициентов характеризует новую проектно-конструкторскую разработку по отношению к существующим объектам техники того же производственного назначения

$$K_j = \frac{E_{n(p^*)}}{E_{7=1}}, \quad \text{ал)}$$

где K_j - критерий Техн.Ур.;

$k_{,,}$ - частный параметр, представляющий собой отношение числовых параметров новой разработки к параметрам существующих объектов для рациональных категорий (рост параметра соответствует техническому прогрессу) и нерациональных категорий (рост параметра не соответствует техническому прогрессу);

$cp(i)$ - функция, нормирующая вес параметров в ранжированной последовательности.

Лучшему из сравниваемых локомотивов соответствует большее значение коэффициента K_i .

Метод определения Тех.Ур. ТС с использованием функции "желательности" основывается на использовании обобщенной функции Харрингтона [29, 85], которая преобразует значения параметров по безразмерной шкале. Математическим выражением ее служит среднее геометрическое частных функций желательности

$$\square = (a_{дз} \dots c_{1г..дп})^{1/n} \quad (1.2)$$

где D - обобщенная функция Харрингтона;

d - функция "желательности" для конкретного параметра;

n - количество рассматриваемых параметров.

Коэффициент Тех.Ур. определяется по формуле

$$K_2 = 1/D. \quad (1.3)$$

Для построения шкалы "желательности" используется метод количественных оценок с интервалом значений "желательности" от нуля до единицы. Значение $D=0$ соответствует абсолютно неприемлемому значению данного параметра, $D=1$ - самому лучшему решению, причем дальнейшее улучшение его или невозможно или нецелесообразно. Шкала d - безразмерная, при ее помощи любой параметр k , может быть преобразован так, чтобы его можно было интерпретировать в терминах полезности или "желательности" для любого специфического случая [50]:

0 - абсолютно неприемлемое значение;

$0 < d < 0,2$ - очень плохое значение;

$0,2 < d < 0,38$ - плохое значение;

$0,38 < z_7 < 0,63$ - удовлетворительное значение;

$0,63 < z_7 < 0,8$ - хорошее значение;

$0,8 < z_7 < 1$ - очень хорошее значение;

1 - самое лучшее решение.

В качестве двух базовых граничных отметок выбраны значения $z_{\text{тах}} = 0,63$ и $z_{\text{щп}} = 0,2$ [29], которым соответствовали экстремальные значения параметров k_1, k_2, \dots, k_n . Между этими значениями шкала разбивается равномерно, и промежуточные величины k_i переводятся в значения шкалы "желательности" d_j .

Комплексный показатель качества по методу определения технического уровня с использованием информационной оценки определяется без весовых коэффициентов, что является его значительным преимуществом. Правда, коэффициенты можно рассматривать как весовые, которые должны определяться в этом случае по результатам дополнительного изучения [67]. Коэффициент эффективности по этому методу определяется по формуле

где CI - коэффициент значимости, $a = 1$ - если параметры дизеля иррациональные, $a = -1$ - если параметры дизеля рациональные.

В методе «предпочтений» определения Тех.Ур. ТС используется система предпочтений, позволяющая целенаправленно отыскивать наиболее предпочтительное решение [76, 85]. Для формирования комплексного показателя качества K_d , адекватного данной системе предпочтений, отдельные показатели качества делались сопоставимыми, т.е. нормировались пространство показателей качества. Цель нормирования - добиться равно-

правил всех показателей. Основой этого являются специфические особенности конкретной системы предпочтений.

Наиболее важные специфические особенности конкретных качеств дизеля можно задать следующими тремя точками в пространстве показателей качества: крайней допустимой, расчетной и идеальной точкой. Тогда коэффициент технического уровня в этом методе определяется по формуле

$$K_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \quad (1-5)$$

где C_j - параметр нелинейного преобразования.

$$\frac{(Z - b_i)}{[c_i - a_i - m(b_j - a_i)]y_i + [mc_i(b_i - a_i) - Z], (c_i - a_i]}$$

где y_i - значение z -го показателя рассматриваемого локомотива;

a_i - крайние допустимые точки координат, соответствующие предельно допустимым значениям отдельных показателей Тех.Ур. ТС;

m - коэффициент, характеризующий количество крайних допустимых точек;

b_i - расчетные точки, соответствующие наиболее предпочтительному значению качества, которое по предварительным экспертным оценкам реально достижимо;

c_i - координаты идеальных точек, соответствующие значениям показателей качества, улучшение которых в данном случае нецелесообразно.

Метод использования трудности получения результата, удовлетворяющего определенным требованиям оценки Тех.Ур. основан на использо-

вании трудности получения результата, удовлетворяющего определенным требованиям. Под трудностью понимают меру несоответствия параметров ТС требованиям к его качеству, которые зависят от результатов функционирования ТС в целом.

Трудность получения результата D^* определяется при условии, что компонента качества комплексной оценки характеризуется парциальными трудностями D при

$$d^* \quad (1.7)$$

где f_i - требование к качеству z -ой компоненты комплексной оценки, индуцированное требованиями к качеству результата ($0 < \epsilon < 1; f_i < \kappa_i = 1, 2, 3, \dots, u$), где κ , определяется так же, как и при первом методе);

d^*_{zi} - парциальная трудность получения результата, удовлетворяющего требованиям $\kappa_{zi} < E$ при условии, что качество z -ой компоненты комплексной оценки равно C , а требование f_i к нему $0 < f_i < 1$.

Парциальную трудность рассматривают как относительную оценку качества (не качественности) отдельного показателя ТС. Полагают также, что $d^*_{zi} = 0$ при $f_i = C = 0$ и $d^*_{zi} = 1$ при $f_i = C = 1$.

Обобщенные оценки ТС, требования к ним и трудности достижения необходимого уровня в зависимости от матрицы состояний P [64]

Эти факторы должны выражаться определенной размерностью как мерой, обеспечивающей сравнение в ряду однотипных машин. Изложенное выше было положено в основу метода, предложенного учеными автомобильного транспорта под руководством В.Г. Бурдакова [5, 11, 12, 13, 14, 42, 74].

По квалиметрическому методу определяется Тех.Ур. ТС, который отражает такие основные потребительские показатели как полезный эффект работы, издержки эксплуатации и добротность конструкции [94]. В общем виде критерий Тех.Ур. рассчитывается по формуле

$$m_{T=C_m}^A \langle f \rangle < \quad (0-9)$$

где T - критерий Тех.Ур. ТС, тран/т расх. материала;

A - критерий полезного эффекта транспортной работы, тран;

$G_{p,,}$ - суммарные материальные издержки, т расходуемого материала;

$(p$ - коэффициент добротности конструкции.

В свою очередь критерий полезного эффекта транспортной работы рассчитывается по формуле

$$L = Q \cdot v_p \cdot L, \quad (\text{до})$$

где Q - вес перевозимого груза, т;

v_p - рабочая скорость транспортного средства, км/ч;

L - дальность перевозки, км.

Физический смысл этого критерия состоит в поддержании работой двигателя на дистанции L движения средне постоянной кинетической энергии движения груза.

Коэффициент добротности конструкции в развернутом виде представляет собой произведение частных коэффициентов поправок, учитывающих особенности вида транспорта.

Немаловажную роль в развитии локомотивостроения и улучшения качества локомотивов в настоящее время играет и НТП. Воздействие НТП на производство тепловозов выражается прямо через Тех.Ур. создаваемых тепловозов и косвенно через эффект, получаемый от замены или модернизации парка локомотивов. В этом случае Тех.Ур. является категорией НТП и определяется степенью воплощения в создаваемый или модернизированный тепловоз технических достижений, отражающих определенный этап развития науки и техники. В этом смысле Тех.Ур. представляет собой такую характеристику качества тепловоза, которая определяет:

способность выполнять основные функциональные назначения;

техническую новизну и прогрессивность принятых при создании решений.

Экономический эффект с Тех.Ур. непосредственно связан через совокупность технико-эксплуатационных параметров. Эти параметры и выражают преимущество новой техники по сравнению с заменяемой. При таком понимании Тех.Ур. основными методами его определения являются индексные методы, таксономические и вероятностно-статистические.

Индексный метод определения технического уровня ТС основывается на индексном изменении качества разнородной продукции на базе среднеарифметических и среднегеометрических индексов [3, 80, 81].

В зависимости от применяемой схемы индексации (сравнения) различают полные и неполные агрегатные индексы. Числовым показателем Тех.Ур. объекта служит индекс I , рассчитываемый по формуле

$$I = \frac{\mathcal{E}_o}{\mathcal{E}_b}, \quad (1.11)$$

где \mathcal{E}_o , \mathcal{E}_b - экономические эффекты, получаемые от использования оцениваемой и базовой техники.

Таксономический метод рассмотрен в [17, 28, 31] и основывается на построении классификационной шкалы в ранговом пространстве мер качества объекта. Затем производится оценка качества на основе рангово-классификационной шкалы. Алгоритм оценки по этому методу изображен на рис. 1.3.

1.2. Анализ работ по определению качества тягового подвижного состава.

Вопросу качества тягового подвижного состава на железнодорожном транспорте посвящены исследования многих ученых, выполняемых в ряде исследовательских организаций и ВУЗов: ВНИИЖТе, ВНИТИ, МИИТе, ЛИИЖТе, ДИИТе, ХГПУ, ХИИТе, РИИЖТе, СамИИТе, АлмИИТе, ОмИИТе и других организациях.

Вопросу определения качества локомотивов много внимания уделено в Самарском институте инженеров транспорта учеными под руководством Е.С. Павловича и Ю.Е. Просвинова [35, 43, 55, 59, 68]. Они классифицировали единичные показатели качества локомотивов на две группы: технические и экономические (рис. 1.4). В свою очередь в технические показатели входят производственно-технологические показатели и показате-

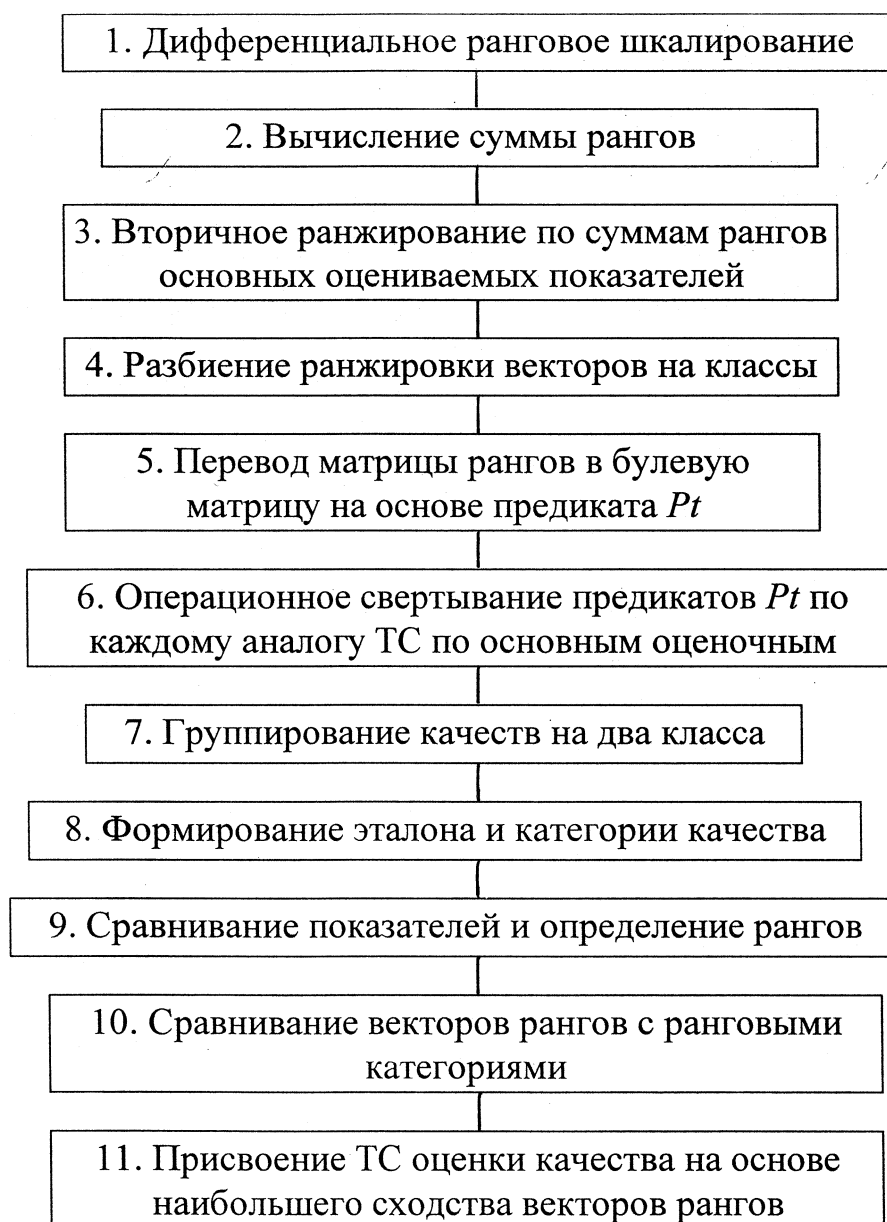


Рис. 1.3. Алгоритм оценки технического уровня таксономическим методом.

Технические показатели		Экономические показатели		
Производственно-технологические	Трудоемкость	Кап. Вложения в производство	Себестоимость изготовления	Отпускная цена
	Материалоемкость			
	Энергоемкость			
	Блочность(сборность)			
	Показатели стандартизации и унификации			
	Прочие показатели технологичности			
Показатели технического уровня (эксплуатационные)	Мощность	Кап. Вложения в сфере эксплуатации	Себестоимость единицы работы	Прочие экономические показатели
	Масса			
	Конструктивная скорость			
	Производительность			
	кпд			
	Прочие показатели			
	Безотказность			
	Долговечность			
	Ремонтопригодность			
	Сохраняемость			
	Эргономические			
	Эстетические			
	Патентно-правовые			

Рис. 1.4 - Классификация показателей качества

ли Тех.Ур. Экономические показатели состоят из капитальных вложений в сфере эксплуатации и производства, себестоимости изготовления и единицы работы, отпускной цены и прочих экономических показателей эксплуатации. Особый интерес представляет классификация показателей Тех.Ур., которые состоят из показателей назначения, свойств надежности, эргономических, эстетических и патентно-правовых. В работах [55, 68] авторы выделяют две стороны единого понятия качества, а именно, производственное качество и потребительское. Под производственным понимается совокупность свойств локомотива, сформированных в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и технических заданий в процессе создания локомотива.

Под потребительским качеством понимается конкретный результат использования тепловоза, обусловленный уровнем производственного качества и условиями эксплуатации.

Большое внимание ученые Самарского института уделяют вопросу увеличения Тех.Ур., а следовательно и качества еще на стадии проектирования и создания за счет учета и улучшения технологии производства тепловоза. В этом направлении они предлагают статистические методы контроля качества на стадии изготовления локомотивов.

Ими разработаны методики управления качеством при техническом обслуживании и ремонте локомотивов, как в депо, так и на заводе. Показатели качества при этом являются комплексными и рассчитываются методом весовых коэффициентов.

Одним из средств повышения Тех.Ур. и качества ТПС является разработка и осуществление программы комплексной стандартизации. Так, учеными Всесоюзного научно-исследовательского тепловозного института (ВНИТИ) была разработана программа комплексной стандартизации «Тепловозы железных дорог широкой колеи». Большое внимание в этой про-

грамме уделено вопросам повышения качества и эффективности использования тепловозов. Сама программа состоит из четырех разделов: перечень научно-технической документации, перечень нормативов на основные комплектующие оборудования тепловозов, нормативно-технической документации на полуфабрикаты и материалы, методика расчетов и испытания, правила эксплуатации.

Разработанные ими два основополагающих стандарта [20, 21] рекомендуют типы и основные параметры тепловозов: «Тепловозы магистральные. Основные параметры тепловозов» (ГОСТ 22602-91) и ГОСТ22339-88 «Тепловозы маневровые и промышленные. Типы и основные параметры». В этих стандартах произведена классификация тепловозов и предлагаются перспективные их типы. Для особых условий эксплуатации по требованию заказчика допускается создание промышленных тепловозов специального назначения с параметрами, отличающимися от указанных в стандарте, с ограничением области их применения заявками конкретных потребителей. Основные параметры маневровых тепловозов согласно этих стандартов приведены в табл. 1.1.

Ученые МИИТу под руководством В.Д. Кузьмича много внимания уделили вопросу выбора оптимальных параметров локомотивов [40]. В набор показателей, определяющих Тех.Ур. и качество тепловозов они включают 8 показателей, основываясь на исследованиях ВНИТИГ и ГОСТах [22, 23]. Вопросу выбора основных параметров локомотивов, их ранжированию они должного внимания не уделяли.

Одним из основных вопросов при определении качества ТС является выбор наилучшей номенклатуры показателей наиболее полно характеризующих рассматриваемый вид транспорта.

Номенклатура технических показателей ТС определяется одним из следующих способов:

Таблица 1.1 - Типы и основные параметры тепловозов по ГОСТ 22339-88

Тип теп- ловоза	Служебная масса, т	Мощность тепловоза, кВт (л.с.)	Число сцепных осей	Статическая нагрузка от колесной пары на рельс, кН	Касательная сила тяги длительного режима, кН, не менее	Скорость длитель- ного ре- жима, км/ч	Конст- рукцион- ная ско- рость, км/ч	Минимальный радиус горизон- тальных кривых, проходимых тепловозом, м	Шири- на ко- леи, мм	Г абарит по ГОСТ 9238-83								
1	1802-200 180	2206(3000) 1470(2000)	8	220,5-245,5	390 340	14,0 10,5	100	80	1520	1-Т								
2	120-135	882-1102 (1200-1500)	6	196,0-220,5	200	12,5	100	80		1520	о-вм							
3	90-100	882 (1200)	4	220,5-245,0			40/80	40				1520	о-вм					
4	68-80	550-625 (750-850)		167-196			27/55							1520	1-ВМ, 02-ВМ			
5	44-65	294 (400)	3	143,9-212,6			30/60	1520								03-вм		
6	30-32	184 (250)	2	147-156,8			30										50	1520
7	20-24 20-24	220(300) 294 (400)	4	49,0-58,8	39,2 53,0	13,0	50		40								750	
8	14,5-16,0	88,2 (120) 132(180)	4	35,0-39,2	26,5 32,3	8,0 10	40-50		40	750	9720-76							

выбором по нормативно-технической документации (ГОСТы, ТУ и т.д.);
сравнением с параметрами локомотива- образца;
математическими методами;
подбором умозрительных наивыгоднейших параметров (экспертным методом);
по аналогу с другими видами ТС.

В настоящее время на железных дорогах Украины эксплуатируются маневровые тепловозы с электрической передачей следующих серий: ЧМЭ2, ЧМЭ3, ЧМЭ5, ТЭМ2, ТЭМ7. На каждый из этих локомотивов приводятся данные в технической документации более чем по ста показателям, относящихся к нему как в целом, так и к отдельным узлам. Поэтому выбрать оптимальную номенклатуру показателей, состоящую из 8-12 показателей практически невозможно.

С другой стороны на ТС, как продукцию машиностроения на стадии ее создания оформляется карта технического уровня и качества продукции на основании [19].

Таблица применяемости показателей качества, предусмотренная стандартом системы показателей качества на маневровые показатели в настоящее время отсутствует. Поэтому в карту технического уровня включается номенклатура показателей в соответствии с требованиями РД 50-64-84 [71]. В состав показателей при этом должны входить показатели следующих групп:

показатели назначения;

показатели надежности;

показатели экономического использования;

показатели, характеризующие ограничения вредных воздействий

продукции;

показатели стандартизации и унификации.

На Украине в последние десятилетия маневровые тепловозы не выпускались, поэтому выбор номенклатуры показателей даже по данным карты ТехУр локомотива - образца не представляется возможным.

Выбор показателей локомотива, наиболее полно характеризующих его, как маневровый можно производить по методикам [53, 98], основанным на теории множеств, в частности на теории бинарных отношений. Согласно этой теории локомотив можно охарактеризовать перечнем параметров

$$.AГ i \quad ,x_j, \dots, x_n$$

где X — номенклатура параметров локомотива;

x_1, x_2, \dots, x_n - n - ый параметр локомотива.

Задача отбора параметров сводится к тому, чтобы среди всех параметров множества X отобрать такую номенклатуру параметров H , для которой выполнялись условия толерантности, т.е.:

- 1) отношение должно быть рефлексивно, т.е. объект должен быть похож сам на себя

$$\forall X, \quad H \rightarrow X \wedge X_j \quad (1.13)$$

- 2) отношение параметров должно быть симметрично, т.е. если объект A похож на объект B , то и B похож на A

$$\forall Y X / H \rightarrow YrX_i \quad (1.14)$$

При этом два любых параметра x_i и x_j находятся в отношении m , если с изменением одного из них, меняется и другой, и наоборот.

Для определения необходимой номенклатуры параметров после определения уровня значимости частных коэффициентов корреляции между параметрами X_1, x_2, x_3, x_4 , необходимо построить матрицу толерантности, на основании которой строится базисное покрытие множества переменных, каждое из которых можно рассматривать как искомую структуру модели. Выбор наиболее приемлемой номенклатуры параметров осуществляется исходя из необходимой точности, степени структуризации статистической информации и экономической целесообразности.

Одним из способов выбора номенклатуры параметров маневровых тепловозов входящих в группу экспертных методов, является метод уточняемой гипотезы. По этому методу сначала в список параметров крайне необходимо вводить параметры, отражающие новый тепловоз с позиций его качества и его эксплуатационной эффективности. Далее весь набор параметров уточняется и сужается. При этом должны соблюдаться следующие основные правила. Ограничение числа рассматриваемых параметров обуславливается невозможностью определения технического уровня с достаточной точностью из соображений экономической целесообразности. В список параметров необходимо включать непересекающиеся, т.е. не зависящие друг от друга параметры. Иными словами, из комбинации двух параметров не должен вытекать третий. Учитывая последующее нормирование весов параметров, нецелесообразно насыщать список малозначительными параметрами.

В соответствии с теорией МГУА (метод группового учета аргументов), разработанной А.Г. Ивахненко [16], безграничное увеличение числа параметров не способствует повышению достоверности прогнозных оценок. Вместе с тем необходимо предостеречь от попыток оценивать про-

гнозную значимость технического уровня локомотивов по небольшому числу параметров, тем более только по одному какому-либо параметру.

Вопрос выбора оптимального количества номенклатуры показателей для автомобильного и воздушного транспорта описан в трудах [11, 12, 13, 14]. Так, Бурдаков В.Д. в своем труде [11] для автомобильного транспорта в доминирующую группу для оценки технического уровня относит следующие 10 параметров

Q_{max} - максимальная, расчетная коммерческая нагрузка;

v_p - рейсовая скорость движения (по расписанию);

L - дальность транспортировки груза (автономность хода);

P - полная масса автомобиля в загруженном состоянии;

z - величина холмистости трасы (крутизна подъемов);

V - габаритный объем машины в рейсовом режиме движения;

Q_{mp} - общий расход материалов, затраченных на рейс (топливо, рабочие жидкости и газы, масло, смазки, запчасти, сменные узлы и агрегаты и т.д.)

R - общий ресурс до капитального ремонта и другие гарантии как показатели надежности автомобиля;

Ne - мощность двигателя;

v_{max} - максимальная скорость движения.

Таким образом, Тех.Ур. автомобиля математически можно описать как некоторую функцию критерия T от параметров его оценки

$$T=f(Q_{max}, v_p, L, P, K_i, Q_{mp}, R, Ne, v_{max}). \quad (1.15)$$

Для летного транспорта он предлагает те же 10 показателей, но с небольшими изменениями:

вместо максимальной скорости вводится рейсовая скорость;

вместо крутизны подъемов вводится высота полета.

Вопросу определения основных параметров локомотива уделяли внимание и многие научные организации железной дороги (табл. 1.2).

Общепринятыми техническими параметрами, характеризующих локомотив, согласно [49, 65, 87, 90, 92] являются: мощность локомотива, сцепной вес локомотива, сила тяги длительного режима, конструкционная скорость, расчетная скорость, осевая нагрузка, тип передачи, габариты, минимальный радиус проходимых кривых и запасы топлива, воды, песка и масла.

В Омском институте инженеров транспорта [32, 61] к основным техническим параметрам были отнесены: мощность локомотива, сцепной вес локомотива, сила тяги локомотива, конструкционная скорость локомотива, КПД передачи и осевая нагрузка.

Панский И.И. из ЛИИЖТа [60] выделяет следующие основные параметры локомотива: мощность локомотива, сцепной вес локомотива, конструкционную скорость, кпд передачи, расчетную скорость и осевую формулу.

В Самарском институте инженеров железнодорожного транспорта [35, 55, 68] к основным параметрам локомотива относят: мощность локомотива, сцепной вес локомотива, силу тяги длительного режима, конструкционную скорость, удельный расход топлива, кпд локомотива, частоту вращения дизеля, габариты локомотива, удельный вес локомотива, параметры надежности и стоимость локомотива.

Результаты обзора выбора номенклатуры показателей ТС сведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2. - Номенклатуры показателей ТС

Наименование показателя	Обозначение	Автомобильный	летный	Ом	Л	Сам	г	в	Общие
		НБН	тр-т	ИИТ	иит	ИИТ	ос	ити	при
		НБН	тр-т	ИИТ	иит	ИИТ	ос	ити	при
Мощность, кВт	Ne	*		к	к	к		к	к
Сцепной вес, т	P	к	к	к	к	к	к	к	к
Сила тяги, кН	F	к			к				
Профиль пути, ‰	I	к	к	к	к	к	к	к	к
Скорость конструкционная, км/ч	v _к		к	к	к			к	к
Скорость расчетная, км/ч	v _{оо}		к	к	к				
КПД передачи	Л _{пер}				к		к	к	к
Осевая формула				к			к	к	к
Осевая нагрузка, кН/ось	Р _{ось}								к
Тип передачи						к			
Удельный расход топлива, г/кВтч	g _e	к	к						
КПД локомотива	Л _{л ок}					к			
Оборотность дизеля, об/м	П					к			
Габариты, м	ЛВН	к	к			к	к		к
Характеристики надежности		к	к			к			
Оптовая цена	Ц	к	к			к			
Минимальный радиус проходимых кривых, м	R _{min}						к	к	к
Запас топлива, т	З _т	к	к						к

1.3. Обзор методов прогнозирования технических параметров локомотивов.

Но при определении Тех.Ур. мы сталкиваемся с несколькими проблемами. Одной из самых существенных проблем является неоднородность представленных данных в зарубежных и отечественных источниках. Так, в некоторых источниках не указаны мощности локомотивов, в других - фирмы - изготовители дизелей и ходовой части и их технические характеристики, разнорядность данных по одним и тем же локомотивам (например, по локомотивам, изготовленным в США и бывшем СССР).

Также следует отметить еще одну важную особенность как зарубежных парков маневровых тепловозов, так и зарубежной статистики. Согласно имеющимся данным, в эксплуатации еще находятся тепловозы постройки 50-х и даже 40-х годов. Так, в США количество тепловозов в возрасте 25 лет и старше превышает 20% от всего парка. Периодически устаревшие локомотивы переоборудуют, заменяя в частности, двигатели, однако в статистических данных тепловозы, как правило, фигурируют в своем первоначальном виде. Мы же в своих расчетах по зарубежным локомотивам используем параметры первоначальных тепловозов, а по отечественным (выпуска бывшего СССР) рассматриваем эти локомотивы как с первоначальными данными, так и с данными после их модернизации (например, ЧМЭЗ, ТЭМ2, ТЭМ7 и др.).

Одной из проблем является и проблема прогнозирования параметров локомотива по имеющим уже значениям. Этому вопросу уделено значительное внимание. Так, в МИИТе много внимания уделялось весогабаритному структурному анализу тепловозов. Детально рассматривались весогабаритные характеристики тепловозных дизелей и экипажа магистральных

тепловозов, показано параметрическое обеспечение надежности тепловозов [40].

Особо следует отметить разработки по этому вопросу Моисеева Г.А [51], в которых он показывает значения зависимостей не только мощностных и весогабаритных, но и экономических (например зависимости цены ТО и ТР от мощности локомотивов и др.) показателей локомотивов. Но к сожалению область всех разработок касается только магистральных тепловозов.

Во ВНИИЖТе рассматриваются вопросы металлоемкости тепловозов и пути ее снижения. Уделяется большое внимание не только зависимостям мощности локомотивов от удельной металлоемкости грузовых тепловозов, а и выводится формула для расчета ресурса до капитального ремонта одного из самых металлоемких агрегатов локомотива - дизеля [62, 77].

Однако они рассматривают параметры всех серий локомотивов, не группируя их по назначению, т.е. не выделяют отдельно в группы пассажирские, грузовые и маневровые. Вместе с тем специфика работы в разных видах движения требует от локомотива и совсем разные значения одних и тех же параметров.

1.4. Выводы и постановка задачи по определению технического уровня маневровых тепловозов

Анализ методов определения Тех.Ур ТС позволяет сделать следующие выводы:

1. Принципиальный недостаток метода весовых коэффициентов и метода «желательности» заключается в том, что важность отдельных показателей качества зависит от степени недостатка или избытка этих качеств, т.е. она не может быть охарактеризована зара-

нее заданными коэффициентами веса (или шкалой "желательности").

2. Тех.Ур ТС рассчитанный по методике «информационной оценки» хоть и не учитывает напрямую весовые коэффициенты показателей, но косвенно их подразумевает.
3. Метод предпочтений и метод использования трудности получения результата, удовлетворяющим определенным требованиям хоть и не учитывают весомости показателей ТС, но в то же время и не учитывают экономические аспекты.

Проведенный обзор литературных источников показал, что количество работ, посвященных определению Тех.Ур маневровых тепловозов значительно меньше, чем по определению Тех.Ур локомотивов.

До настоящего времени вопросу выбора номенклатуры рациональных параметров уделялось недостаточное внимание, что затрудняет выбор методики и точность определения Тех.Ур маневровых тепловозов.

Существующие методики прогнозирования параметров локомотива очень трудоемки и нуждаются в большом объеме информации, что в условиях дефицита информации по зарубежным аналогам делает их непригодными для расчетов.

Поэтому цель работы заключается в разработке методики определения Тех.Ур, позволяющей оценить уровень маневровых тепловозов по минимально допустимой номенклатуре показателей с учетом вида выполняемой работы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить в диссертационной работе следующие задачи:

1. Разработать методику определения технического уровня маневровых тепловозов.

2. Разработать методику прогнозирования параметров локомотива по их удельным значениям.
3. Определить номенклатуру параметров маневрового локомотива.
4. Рассчитать продолжительность сохранения качества локомотивов на определенном уровне.
5. Разработать программный комплекс для хранения и расчетов основных показателей маневровых локомотивов, их Тех.Ур.

ГЛАВА 2

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ

Прежде чем рассчитывать технический уровень маневровых тепловозов необходимо решить две задачи. Первая - это определить номенклатуру показателей, наиболее полно характеризующую локомотив с учетом выполняемой работы. При этом необходимо выбрать также оптимальное их количество. Вторая - проверить выбранные показатели на соответствие тенденции развития мирового локомотивостроения, спрогнозировать недостающие значения и дать прогноз значений выбранных показателей на последующий период. Решению этих задач посвящена вторая глава.

2.1. Методика определения номенклатуры показателей маневровых тепловозов с использованием теории множеств

Как известно, для готовой продукции прилагается комплект технической документации в составе технического описания, инструкции по эксплуатации, ремонтной документации, дополнительных материалов, паспорта с основными параметрами изделия. Например, в паспорте на велосипед дается 11 параметров, на телевизор - 9, на самолет - до 100, на магистральные тепловозы - 17, дизель-поезда - 22, маневровых тепловозов - 15. Как видно из этого количество параметров, характеризующих изделие, колеблется в широких пределах.

Поэтому одним из основных вопросов, возникающих при оценке Тех.Ур любого транспортного средства является вопрос о необходимом количественном и качественном выборе технических параметров, наиболее полно характеризующих его.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что любой объект можно достаточно точно оценить по доминирующей группе самых существенных параметров назначения данного объекта в количестве 8-12 параметров [9, 10, 16, 24, 25, 29, 33, 39, 46, 47, 66, 99].

На основании анализа методов выбора технических показателей [45] для оценки технического уровня различных ТС выбор их для маневрового тепловоза будем производить по методике с использованием теории множеств [2,41,52, 75,79, 95,96].

К основным видам выполняемых маневровыми локомотивами работ и противоположных по характеру выполнения являются маневровая и вывозная работы [15].

Полезный эффект Δ_E , получаемый при этом от использования маневровых локомотивов можно представить как сумму частных эффектов

$$\Delta_{\text{жстп.расх.}} + \Delta_{\text{вып.работа}} + \Delta_{\text{небл.усл.}} \quad (2-1)$$

где $\Delta_{\text{жстп.расх.}}$ - эффект, получаемый от уменьшения эксплуатационных расходов, грн;

$\Delta_{\text{вып.работа}}$ - эффект, получаемый за счет увеличения объема выполняемой работы, грн;

$\Delta_{\text{небл.усл.}}$ - эффект, получаемый за счет использования локомотива в неблагоприятных условиях (плохое содержание верхнего строения пути, кривые малых радиусов и т.д.).

В свою очередь полезный эффект от уменьшения эксплуатационных расходов состоит из следующих наиболее важных эффектов

где $\hat{\Delta}_{\text{топл}}$ ~ эффект, получаемый от уменьшения эксплуатационного расхода топлива, грн;
 $i \Delta_{\text{над}}$ - эффект, получаемый от увеличения надежности локомотива, грн;
 $\Delta_{\text{соц/эколог}}$ - социально-экологический эффект, ГрН.

Локомотив в целом по критерию полезного эффекта можно охарактеризовать множеством показателей L

$$L = \{L_1, L_2, L_3, \dots, L_n\} \quad (2.3)$$

Показатели, характеризующие получение эффекта от увеличения выполняемых работ представляют множество P

$$P = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_n\} \quad (2.4)$$

Полезный эффект от уменьшения эксплуатационных расходов характеризуется множеством показателей Δ

$$\Delta = \{\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_n\} \quad (2.5)$$

Также полезный эффект можно получить и при использовании локомотива в неблагоприятных условиях, что описывается множеством H

$$H = \{H_1, H_2, H_3, \dots, H_n\} \quad (2.6)$$

При этом множества P , \mathcal{E} , H являются подмножествами множества L , что можно записать в виде

$$\begin{matrix} P \subset L, & \mathcal{E} \subset L, & H \subset L. \\ \text{I} & \text{X} & \end{matrix} \quad (2.7)$$

В свою очередь множество показателей P включает в себя множества P_1 та P_2 , т.е.

$$P_x \subset P, \quad (2.8)$$

где P_x - множество показателей, характеризующих увеличение мощности локомотива

$$L = \{P_x \cup P_2 \cup P_3 \cup \dots \cup P_n\} \quad (2.9)$$

", P_2 - множество показателей, характеризующих увеличение времени работы

$$P_2 = \{P_x \cup P_2 \cup P_3 \cup \dots \cup P_n\} \blacksquare \quad (2.10)$$

Объединение подмножеств P_1 и P_2 дает нам множество показателей, характеризующих увеличение полезного эффекта от увеличения выполняемого объема работ

$$P_1 \cup P_2 = \{p \in P \ \& \ p \in P_2\} \quad (2-й)$$

Множество \mathcal{E} включает в себя множества \mathcal{E}_1 , \mathcal{E}_2 , \mathcal{E}_3 , т.е.

$$Z_{сэ}, \quad \mathcal{E}_{2сЭ}, \mathcal{E}_{3сЭ}, \quad (2.12)$$

где \mathcal{E}_7 - множество показателей, характеризующих уменьшение эксплуатационных расходов за счет снижения расхода топлива

$$1 j 5^2, \text{эз} \quad ; \quad (2.13)$$

32, - множество показателей, характеризующих уменьшение эксплуатационных расходов за счет увеличения надежности локомотива

$$Z_2 (\wedge 1 \wedge 2 \wedge 3 i \dots, \Pi j) \quad (2.14)$$

33, - множество показателей, характеризующих уменьшение эксплуатационных расходов за счет уменьшения расходов на экологию

$$, \mathcal{E}_i \mathcal{E}_3, \dots, \mathcal{E}_n \quad (2.15)$$

Объединение подмножеств $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$ дает нам подмножество показателей, характеризующих увеличение полезного эффекта от сокращения эксплуатационных расходов

$$= \text{эз} \text{€Зр.шш-.з} \text{EЭ}_2..ЫШ..Э \text{EЭА} . \quad (2.16)$$

Множество H включают в себя два основных множества показателей H_1 и H_2 , при этом

$$H \wedge H, \quad H_2 \wedge H, \quad (2.17)$$

где H ; - множество показателей, характеризующих увеличение полезного эффекта при использовании на плохих путях

$$Я] = (\langle \langle 1, H_2, H_3, \dots, H_n \rangle \rangle ; \quad (2.18)$$

H_2 - множество показателей, характеризующих увеличение полезного эффекта при использовании на ограниченных территориях

$$Я_2 \quad , H_2 , W_3 , \dots, H_n / . \quad (2.19)$$

Объединение подмножеств $H]$ и H_2 дает нам подмножество показателей, характеризующих увеличение эффекта от использования локомотива в неблагоприятных условиях

$$H \cup H_2 \text{ и } H_2 = \in H_{x..или..n} \in Я_2 1 . \quad (2.20)$$

Окончательно номенклатуру показателей характеризующих маневровый локомотив как в вывозной, так и в маневровой работе определяем как объединение подмножеств $P, Э, H$ (рис.2.1)

$$Л \circ P \text{ и } Э \text{ и } H = [л \setminus л \in P..или..л \in Э..или..л \in я} . \quad (2.21)$$

Рассмотрим, за счет каких мероприятий возможно увеличить суммарный полезный эффект и какие технические параметры локомотива

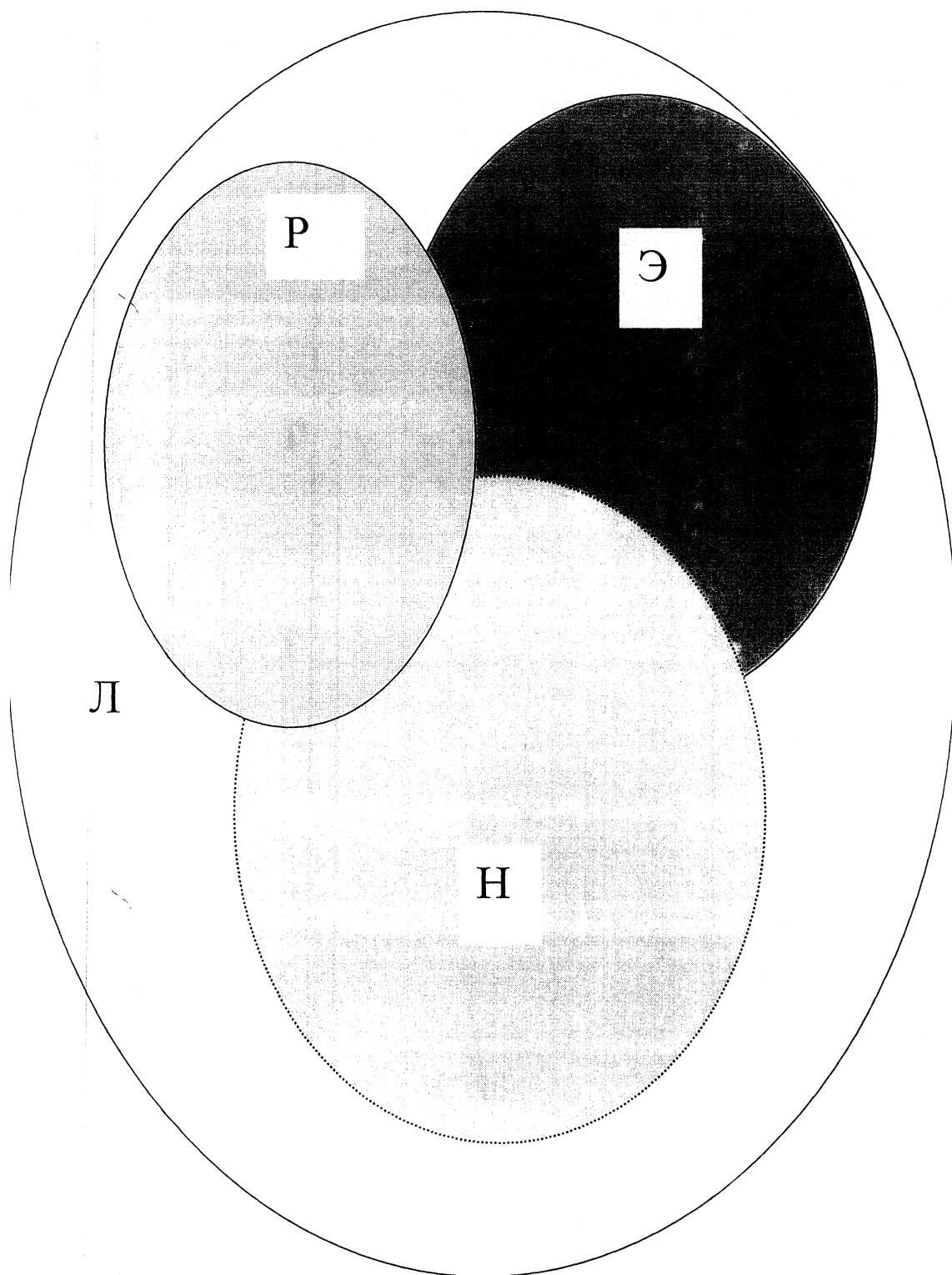


Рис. 2.1. Множества показателей, характеризующих маневровый
ЛОКОМОТИВОВ

наиболее характеризуют увеличение частных эффектов в зависимости от вида работы.

Рассмотрим сначала вывозную работу.

Экономический эффект от снижения эксплуатационных расходов можно получить за счет следующих мероприятий:

- а) уменьшения расхода топлива;
- б) увеличения надежности локомотива;
- в) уменьшения расходов на экологию (на выплату штрафа);
- г) уменьшения времени и расходов на ТО и ТР.

Уменьшение расхода топлива можно охарактеризовать таким показателем, как удельный расход топлива. Такой показатель как ресурс локомотива наиболее характеризует надежность локомотива. Дизель является одним из основных узлов локомотива, наиболее ограничивающий его надежность. Поэтому в качестве ресурса локомотива был взят ресурс дизеля. Согласно [30] ресурс дизеля рассчитываем по формуле

$$Re = \frac{D^3 \cdot c_v \cdot p_e}{V_{те}} \quad (2.22)$$

где D - диаметр поршня, мм;

c_v - скорость поршня, м/с;

p_e - эффективное давление, кПа.

Расходы, связанные с штрафами по экологии напрямую зависят от расходуемого топлива. Следовательно, их наиболее характеризует удельный расход топлива. Уменьшение времени и расходов на ТО и ТР можно оценить такими показателями как длина и объем локомотива.

Техническими параметрами локомотива, которые характеризуют эти показатели являются: удельный расход топлива (а, г); основные параметры дизеля (б); габариты локомотива (г).

Экономический эффект от увеличения объема выполненных работ Q_1 можно получить за счет следующих мероприятий:

- а) увеличения касательной мощности локомотива;
- б) увеличения скорости локомотива;
- в) увеличения продолжительности работы локомотива или дальности его обращения;
- г) за счет увеличения касательной силы тяги, а следовательно и увеличения массы локомотива, что при той же скорости увеличит касательную мощность;
- д) увеличения эффективной мощности локомотива;
- е) увеличения срока службы локомотива.

Это хорошо видно из формулы

$$A = Nk \cdot t = F \cdot v \cdot t. \quad (2.23)$$

Техническими параметрами локомотива, которые характеризуют изменение экономического эффекта от увеличения объема выполняемых работ являются: сила тяги длительного режима (а, г); скорость длительного режима (а); вес локомотива (а, г); расчетная скорость (б, в); мощность локомотива (д).

Экономический эффект от применения в неблагоприятных условиях можно получить за счет:

- а) использования локомотивов на путях с плохим состоянием верхнего строения пути;
- б) использования локомотивов на кривых малого радиуса.

Его характеризуют следующие технические показатели: осевая нагрузка (а); минимальный радиус проходимых кривых (б).

Рассмотрим маневровую работу локомотивов.

Основным функциональным назначением маневрового локомотива является выполнение им маневровой работы на станциях, горках и подъездных путях. Рассмотрим мероприятия, за счет которых возможно увеличить суммарный полезный эффект при использовании локомотива в маневровой работе.

Экономический эффект от снижения эксплуатационных расходов при маневровой работе можно получить за счет мероприятий, что и при вывозной работе. Но есть дополнительные возможности получения экономического эффекта с учетом некоторых факторов еще до закупки локомотивов - по значению технических параметров (для определенного района эксплуатации).

Уменьшение расхода топлива локомотивом в эксплуатации с технической (конструкторской) стороны можно достичь двумя основными путями. Первый путь - это создание более экономичной силовой установки (при этом уменьшится удельный расход топлива). Вторым путем - получение наибольшей силы тяги локомотива на номинальном режиме (при $N_e \Rightarrow \text{nominal}$ в большей части локомотивов $g_e \Rightarrow \text{min}$), т.е. оптимальный выбор мощности и силы тяги локомотива.

Рассмотрим более подробно второй путь. Как известно, основными функциональными свойствами маневрового локомотива являются тяговые свойства. Касательная мощность N_k , которую локомотив может развить, рассчитывается по формуле

$$N_k = \frac{F \cdot v}{3.6} \quad (2.24)$$

Согласно исследований [37, 63] наиболее тяжелыми работами для маневрового локомотива являются работы на горках. При этом скорость движения состава локомотивом на горку согласно [30] ограничивается 5 км/ч, что в основном связано с надежностью вагонов и техническими средствами горок. В свою очередь, сила тяги развиваемая локомотивом ограничивается осевой нагрузкой локомотива, видом и состоянием пути. Это видно из формулы

$$F = P_{сц} \cdot (\mu_{сц} = P_{ос} \cdot n - (p_{ос} \cdot n)) \quad (2-25)$$

где $P_{сц}$ - сцепной вес локомотива, кН;

$\mu_{сц}$ - коэффициент сцепления;

n - количество осей локомотива;

$P_{ос}$ - осевая нагрузка локомотива, кН/ось.

Согласно [20] осевая нагрузка в большую сторону не должна превышать более чем 245 кН/ось. Анализ трудов [7, 26] показал, что в эксплуатации осевая нагрузка на ось в настоящее время ограничивается по причине очень плохого состояния пути и составляет 200-225 кН/ось. Также на изменение силы тяги влияет коэффициент сцепления, который рассчитывается согласно [65] для маневровых локомотивов по формуле

$$\mu = 0,118 + \frac{v}{100} \quad (2-26)$$

При скорости движения на горку 5 км/ч расчетный коэффициент сцепления составляет 0,272. В действительности состояние верхнего

строения пути в настоящее время на горках плохое, рельсы замаслены и согласно [30] коэффициент сцепления для маневровых локомотивов принимается равным 0,250. Значение коэффициента сцепления в некоторой степени зависит от подвески тяговых электродвигателей, влияние которых в расчетах не учитываются в связи с их незначительными изменениями.

Эффективную мощность энергетической установки, которую локомотив использует при движении состава на горку можно рассчитать по формуле '

$$N_e^{zov} = M^{\wedge} \cdot \zeta_{nep} \cdot \beta \quad (2.27)$$

где ζ_{nep} - коэффициент использования мощности;

β - доля отбора мощности, приходящийся на привод вспомогательных машин и механизмов.

Для маневровых локомотивов согласно [36] коэффициент использования мощности находится в пределах 0,89 - 0,92, а доля отбора мощности для привода вспомогательных машин и механизмов - 0,10-0,15.

Максимальные значения силы тяги, касательной и эффективной мощностей, которые локомотив может развить при движении состава на горку в условиях железных дорог с учетом осевой формулы локомотива приведены в табл. 2.1.

Для оценки маневровой работы введем коэффициент использования мощности при маневровой работе $\kappa^{\wedge}MP$, который будет характеризовать долю использования мощности локомотивом при маневрах

$$\kappa^{\wedge}MP \sim \frac{N_e^{zov}}{N_{MP}} \quad \blacksquare \quad (2.28)$$

Таблица 2.1 - Расчет необходимой эффективной мощности
локомотива при работе на горке

Наименование Показателя	Количество осей локомотива		
	4	6	8
Коэффициент сцепления при 5 км/ч <i>Расчетный</i>	0,272	0,272	0,272
Максимальная сила тяги при 5 км/ч, кН <i>расчетная</i>	267	400	534
Максимальная касательная мощ- ность при 5 км/ч, кВт <i>Расчетная</i>	370	556	742
<i>расчетный</i>	0,83	0,79	0,75
Максимальная эффективная мощ- ность при 5 км/ч, кВт <i>Расчетная</i>	462	704	976

После преобразований с учетом формул (2.24-2.27) формула (2.28)
примет вид

$$I_{p}^{NeMP} = \frac{1000 \cdot P_{ось-П-фсзГ} \gamma_{гор}}{367.2} \quad (2.29)$$

Сделаем следующие предположения:

скорость продвижения состава на горку не превысит 5 км/ч в бли-
жайшие 10 лет;

процент использования мощности на привод вспомогательных ма-
шин и механизмов по [51, 91] находится в определенных границах, кото-
рые нецелесообразно в настоящих условиях менять.

Тогда разделив локомотивы на группы по осевой формуле и типу пе-
редач коэффициент использования мощности при маневровой работе мож-
но записать

$$k_{N^{eMp}} = \frac{P - \Pi P}{\sigma C \Lambda_e \cdot K_X} = \dots K_i, \quad (2.30)$$

где K_i - переходной коэффициент, зависящий от передачи локомотива, подвески тяговых двигателей и коэффициента, учитывающего затраты мощности на вспомогательные нужды. Он рассчитывается по формуле

$$\frac{1000 - \Lambda - y_{гор}}{367.2 \cdot \gamma_{,р} (i-/?)} \quad (2.31)$$

Рассчитанные значения коэффициента K_i приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2 - Значения поправочного коэффициента K_i

Количество осей	Тип передачи	Значения Коэффициента K_j
4-х осные	=/=	4,627
	«/=	4,643
6-ти осные	=/=	4,679
	«/=	4,692
8-ми осные	=/=	4,739
	«/=	4,781

Примечание:

=/= - передача постоянно-постоянного тока;

x/= - передача переменного-постоянного тока.

С другой стороны коэффициент использования мощности на маневровой работе заранее показывает какой режим работы локомотивной энергетической установки при маневрах. Имея паспортные характеристики зависимости $g_e = f(n, \text{об/мин})$ или $g_e = f(n.К.М. \text{ (позиций контроллера машиниста)})$ (рис.2.2) не тяжело получить зависимость $g_e = f(Ne)$, преобразовав ось n , *ц/тл п.к.м.* в Ne .

Поскольку Ne и k_{NeMP} имеют один и то же физический смысл, то трудно определить и относительный удельный расход топлива приходящийся на конкретное значение k_{NeMP} .

Часовой расход топлива прямопропорционально зависит от удельного расхода топлива, что видно из формулы

$$5 = \quad (2.32)$$

Построив шкалу относительного удельного расхода топлива локомотивом по формуле

$$g. = \quad (2.33)$$

о еном

будем получать превышение расхода топлива локомотивом при выполнении маневровой работы по сравнению с паспортным значением удельного расхода топлива.

При статистической обработке имеющихся зависимостей g_e от Ne для маневровых тепловозов с электрической передачей была получена зависимость

$$g_e = 1.3168N_e^3 + 10.42We^2 - 42.555^{\wedge} + 320.31 \quad (2.34)$$

Эта зависимость будет использоваться при приближенном получении $k_{Ne}Mr$ дизеля для локомотивов по которым нет соответствующей информации.

Следовательно, для определения экономического эффекта от уменьшения эксплуатационных расходов кроме перечисленных показателей в вывозной работе будем использовать и такой показатель как коэффициент использования мощности при маневровой работе.

Для оценки маневровой работы используют такой показатель как локомотиво-^часы. Поэтому получение экономического эффекта от увеличения объема выполняемых работ возможно лишь за счет следующих мероприятий:

а) увеличения тарифов на 1 лок*час, что возможно лишь при увеличении силы тяги локомотива;

б) увеличение срока службы локомотива и уменьшение продолжительности выполнения маневровых операций $t_{MaH.об}$. В маневровые операции включены следующие операции: разгон, выбег, замедление, отпуск, осаживание, заезд за составом, а также простой с работающим дизелем (50%) и простой с выключенным дизелем (7-8%).

Технические параметры локомотива, которые характеризуют изменение экономического эффекта от увеличения объема выполняемых работ являются: сила тяги длительного режима (а, г); скорость длительного режима (а); вес локомотива (а, г); расчетная скорость (б, в); мощность локомотива (д).

Экономический эффект от применения в неблагоприятных условиях можно получить за счет тех же мероприятий, что и при вывозной работе.

Поэтому и необходимые для анализа параметры будут такими же как и при вывозной работе.

Определим номенклатуру параметров локомотива для вывозной работы.

Одним из составляющих увеличения полезного эффекта является увеличение объема выполняемых работ, который можно добиться двумя путями:

Первый - за счет увеличения касательной мощности локомотива. Его можно охарактеризовать следующими показателями (рис.2.2): сила тяги F_a , скорость длительного режима v_a , вес локомотива P_L , мощность Ne , коэффициент сцепления (p_{cl}) , осевая нагрузка $P_{ось}$, которые составляют подмножество

$$P_1 = \{F_a, v_a, P_L, Ne, (p_{cl}), P_{ось}\} \quad (2.35)$$

Второй - увеличение времени работы. Его можно охарактеризовать следующими показателями: сроком службы локомотива $T_{сл}$ и конструкционной скоростью V_K

$$A = \quad (2.36)$$

Объединение подмножеств P_1 и P_2 дает нам множество показателей, характеризующих изменение полезного эффекта от увеличения объема выполняемых работ

$$(2.37)$$

Рассмотрим подмножества показателей, характеризующих уменьшение эксплуатационных расходов (рис. 2.3). Так, показателями, характеризующие уменьшение расхода топлива являются: удельный расход топлива g_e , цена топлива C_m

$$= \quad (2.38)$$

Такие показатели как ресурс локомотива R_{es} , межремонтные пробеги $L_{ТОПР}$, стоимость ремонта и обслуживания $C_{ТОПР}$ характеризуют уменьшение эксплуатационных расходов за счет увеличения надежности локомотива и его узлов составляют подмножество \mathcal{E}_2

$$\mathcal{E}_2 = \{L_{ТОПР}, C_{ТОПР}\} \quad (2.39)$$

Подмножество \mathcal{E}_3 представляют показатели, характеризующие уменьшение социально-экологического эффекта удельный расход топлива g_e , стоимость штрафов за экологический ущерб $C_{штр}$

$$\mathcal{E}_3 = \{g_e, C_{штр}\} \quad (2.40)$$

Поскольку нас интересуют только технические показатели локомотива, такие как C_m , $L_{ТОПР}$, $C_{ТОПР}$ и $C_{штр}$ являются субъективными и не характеризуют локомотив с технической стороны, то они в номенклатуру технических показателей не включаются. А объединение подмножеств \mathcal{E}_1 , \mathcal{E}_2 , \mathcal{E}_3 дает нам подмножество показателей \mathcal{E}_6 , характеризующее увеличение полезного эффекта от сокращения эксплуатационных расходов

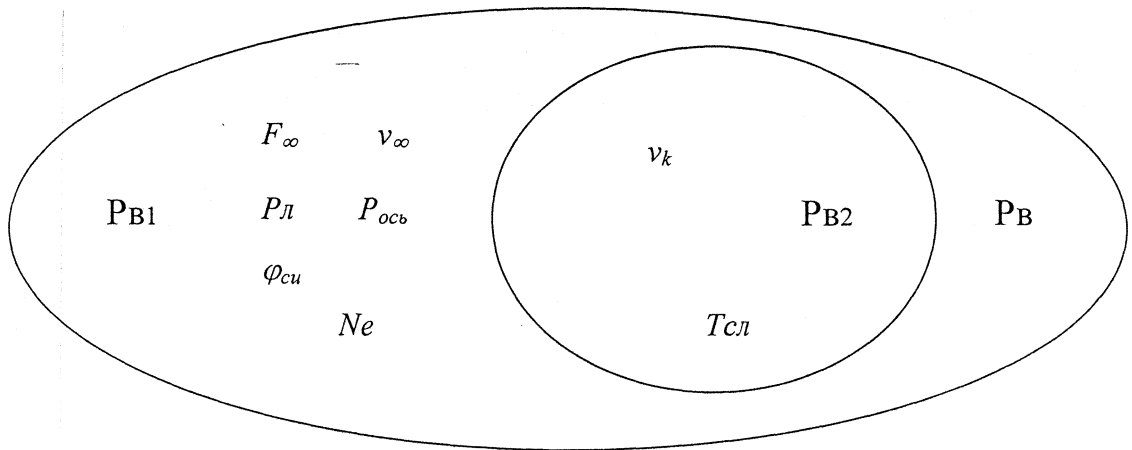


Рис.2.2. Показатели, характеризующие изменение экономического эффекта от увеличения объема выполняемых работ

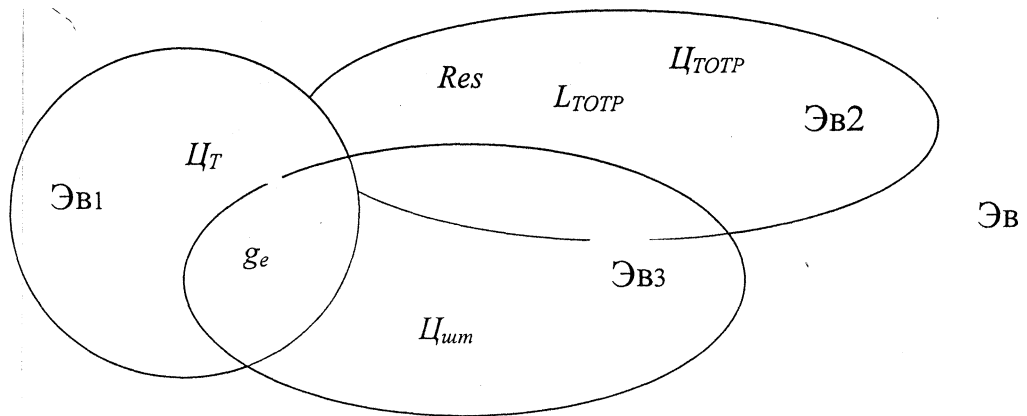


Рис.2.3. Показатели, характеризующие изменение экономического эффекта от уменьшения эксплуатационных расходов

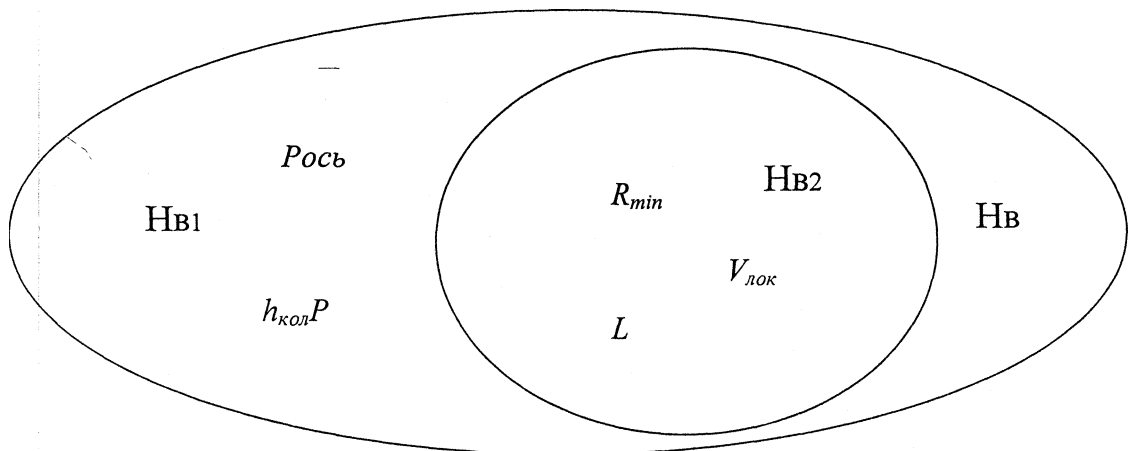


Рис.2.4. Показатели, характеризующие изменение экономического эффекта от использования в неблагоприятных условиях

$$\mathcal{E}_2 \subset \mathcal{E}_3 - [g_e, R_{es}]. \quad (2.41)$$

Увеличение полезного эффекта от применения на плохих путях характеризуют такие показатели как осевая нагрузка $P_{ось}$, ширина колеи $h_{КОЛ}$, составляющие подмножество H_1

$$VKxb \quad (2.42)$$

Применение локомотива на ограниченной территории также приводит к увеличению полезного эффекта. В это подмножество H_2 входят такие показатели локомотива, как минимальный радиус кривых, проходимых локомотивом R , длина локомотива L , объем локомотива $V_{,ок}$

$$H_2 = \{R_{min}, L, V_{,ок}\}. \quad (2.43)$$

ix

Объединение подмножеств H_1 и H_2 дает нам множество показателей, характеризующих увеличение эффекта от использования локомотива в неблагоприятных условиях

$$H_e \in \mathcal{E}, \text{ и } H_2 = \{P_{ось}, h_{коль}, R_{min}, L, V_{лок}\}. \quad (2.44)$$

Номенклатуру показателей (подмножество \mathcal{L}_e), характеризующих маневровый локомотив в вывозной работе определяем как объединение подмножеств P_e, \mathcal{E}_e, H_e (рис. 2.5).

$$\begin{array}{c}
 \text{Л Д Р и Э и Я} = \\
 \circ \quad \text{ООО} \\
 \text{— (Е ... Д ... Не ... Д ...)} \quad \text{Th R TV} \quad \text{ge > *es |} \quad (2.45)
 \end{array}$$

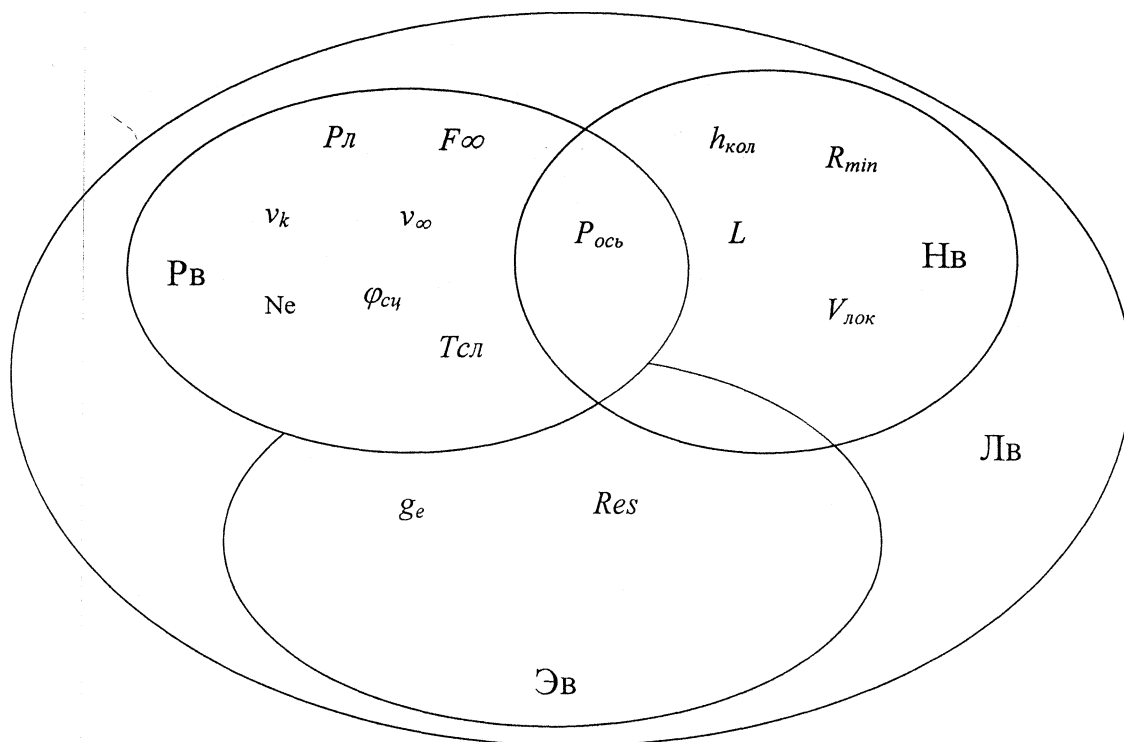


Рис.2.5. Номенклатура показателей, характеризующих маневровый
 ■ локомотив при вывозной работе

Определим параметры, характеризующие локомотив, выполняющий маневровую работу на горке.

Определение номенклатуры показателей тепловозов для маневровой работы на горке производится аналогично выбору показателей локомотива для вывозной работы. Составляющей увеличения полезного эффекта является увеличение объема выполняемых работ, которое возможно добиться за счет:

увеличения касательной мощности локомотива. Его можно охарактеризовать следующими показателями (рис.2.2): сила тяги длительного режима скорость длительного режима v_n вес локомотива

P_l , мощность Ne , коэффициент сцепления ($p_{сц}$, осевая нагрузка $P_{ось}$ которые составляют подмножество P_1

$$P_1 = \{P_l, Ne, p_{сц}, P_{ось}\}. \quad (2.46)$$

увеличения времени работы. Его можно охарактеризовать следующими показателями: срок службы локомотива $T_{сл}$ и продолжительность выполнения маневровых операций $t_{ман.оп.}$

$$P_2 = \{T_{сл}, t_{ман.оп.}\}. \quad (2.47)$$

Объединение подмножеств P_1 и P_2 дает нам множество показателей, характеризующих изменение полезного эффекта от увеличения объема выполняемых работ

$$P_m \supset P_2 = \{Ne, (p_{сц}, P_{ось}, T_{сф}, t_{ман.оп.})\} \quad (2.48)$$

Рассмотрим подмножества показателей, характеризующих уменьшение эксплуатационных расходов. Так, показателями, характеризующими уменьшение расхода топлива для маневровой работы являются кроме удельного расхода топлива g_e и цены топлива C_m коэффициент использования мощности на маневрах для железных дорог Украины $K_{НеМР}$. Этот показатель характеризует изменение расхода топлива при работе локомотива на горке по сравнению с расходом топлива на номинальном режиме. Эти показатели являются элементами множества \mathcal{E}

$$\mathcal{E} = \{g_e, C_m, K_{НеМР}\} \quad (2.49)$$

Следующие показатели: ресурс локомотива R_{es} , межремонтные пробеги $L_{ТОТР}$, стоимость ремонта и обслуживания $Ц_{ТОТР}$ характеризуют уменьшение эксплуатационных расходов за счет увеличения надежности локомотива и его узлов составляют подмножество \mathcal{E}_2

$$\mathcal{E}_2 = \{R_{es}, L_{ТОТР}, Ц_{ТОТР}\} \quad (2.50)$$

Подмножество \mathcal{E}_3 представляют показатели, характеризующие уменьшение социально-экологического эффекта удельный расход топлива g_e , стоимость штрафов за экологический ущерб $Ц_{штр}$

$$\mathcal{E}_3 = \{g_e, Ц_{штр}\} \quad (2.51)$$

Аналогично вывозной работе такие показатели локомотива как $Ц_m$, $L_{ТОТР}$, $Ц_{ТОТР}$ и $Ц_{штр}$ в номенклатуру технических показателей не включаются. А объединение подмножеств \mathcal{E}_1 , \mathcal{E}_2 , \mathcal{E}_3 дает нам подмножество показателей \mathcal{E}_m , характеризующее уменьшение полезного эффекта от сокращения эксплуатационных расходов

$$\mathcal{E}_m \supset \mathcal{E}_1 \cup \mathcal{E}_2 \cup \mathcal{E}_3 = \{g_e, R_{es}, x_{НеМР}\} \quad (2.52)$$

Получение полезного эффекта от применения локомотива в неблагоприятных условиях можно получить за счет тех же мероприятий, что и при вывозной работе. Поэтому подмножество показателей \mathcal{H}_m , характеризующее получение полезного эффекта от применения в неблагоприятных условиях будет таким же как и при вывозной работе, т.е.

$$\hat{Z}^{\wedge}U^{\wedge}\{-P_{ocb}, \hat{,}7?_{min}, Z, K_{-}\} \tag{2.53}$$

Номенклатуру показателей (подмножество L_M), характеризующих маневровый локомотив в маневровой работе определяем как объединение подмножеств P_M, \mathcal{E}_M, H_M (рис.2.6)

$$L \quad H - \tag{2-54}$$

$$= \wedge FvPNemP \kappa Th R I V ? R \setminus$$

|/ < > > 'co > 7 л > 2ve4 Ц/Цу ■ > ° ось 'к NeMP '7 сл ' cl кол 'лгип ' z лок ' & e ' ^-es (

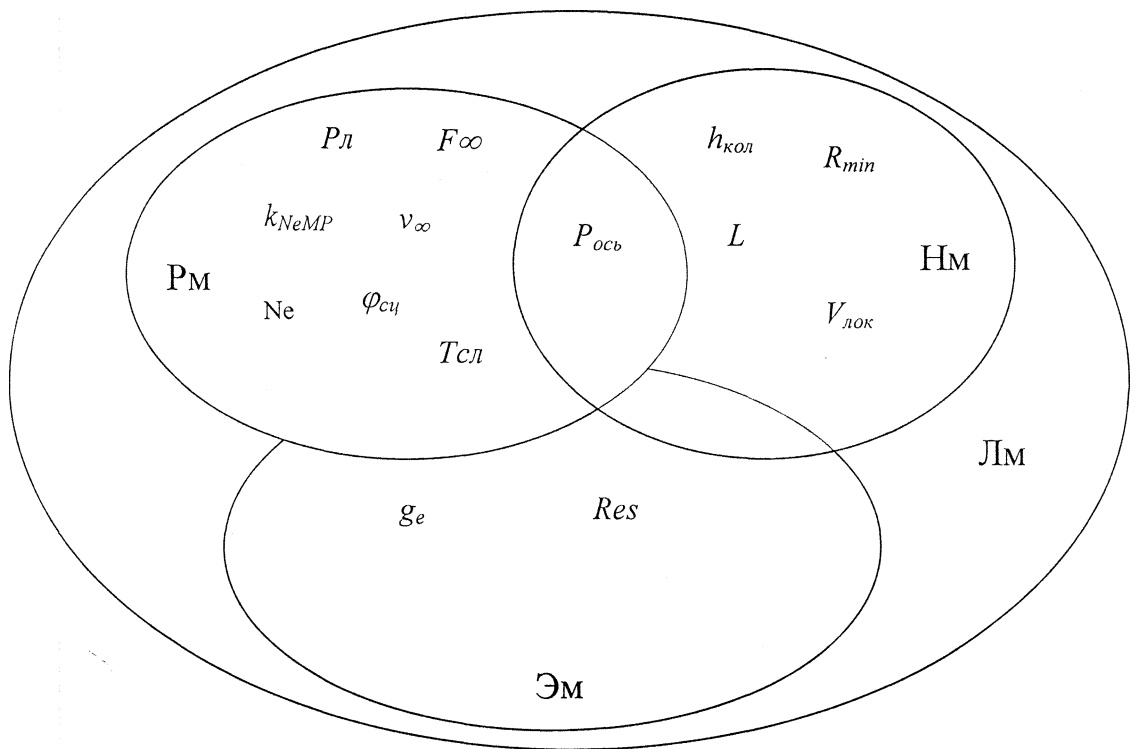


Рис.2.6. Номенклатура показателей, характеризующих маневровый локомотив при маневровой работе

Окончательно номенклатуры технических параметров [рис. 2.7] в зависимости от вида работы локомотива были приняты на основе использования методов принятия технических решений, хорошо описанных в [54] и представлены в табл.2.3 для маневровой работы и табл.2.4 - для вывозной.

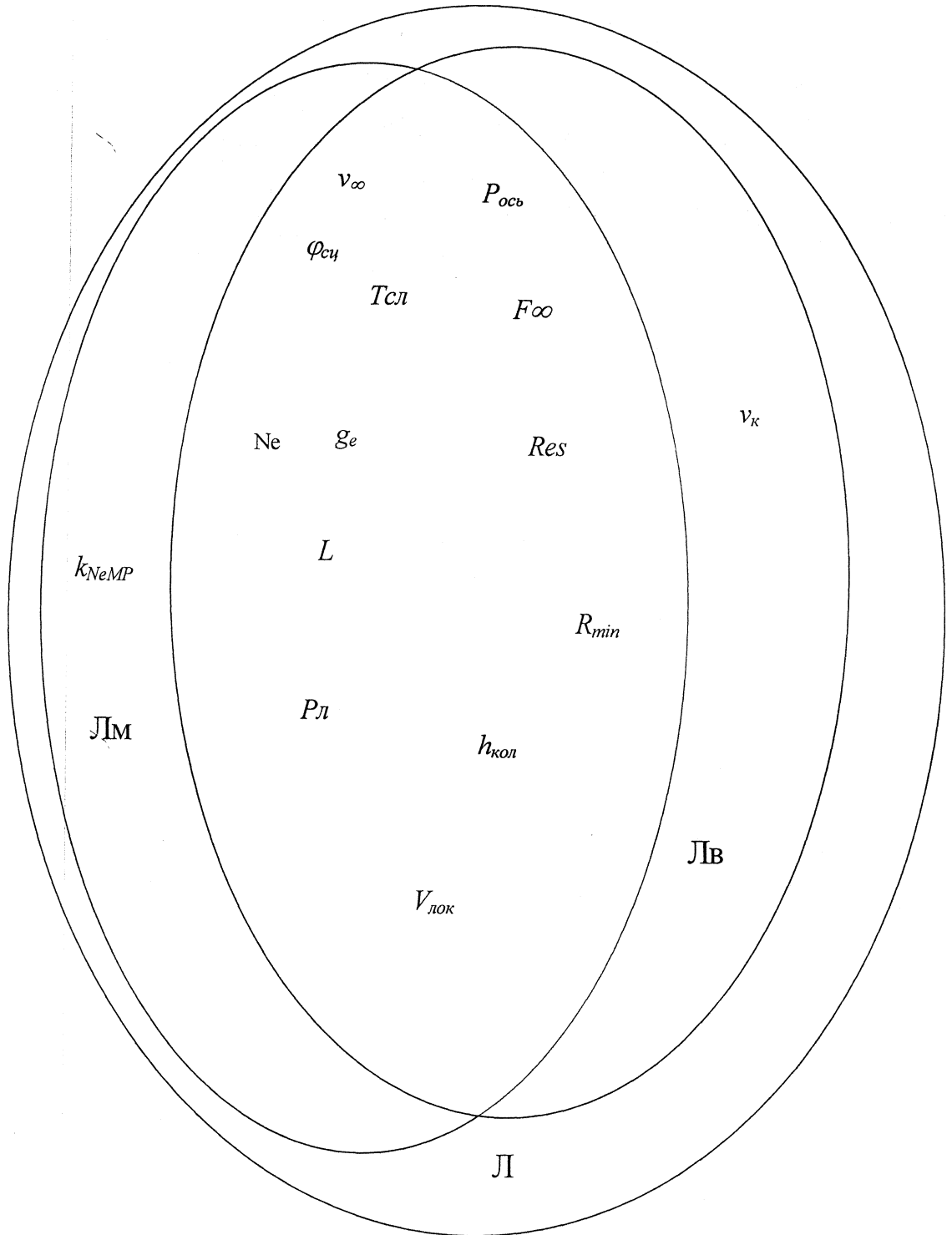


Рис.2.7? Номенклатура показателей, характеризующих маневровый локомотив при маневровой и вывозной работе

Таблица 2.3 - Номенклатура технических показателей,
характеризующая маневровую работу локомотива

Составляющие полезного эффекта	Мероприятия, изменяющие эконом, эффект	Технические показатели	Размерность параметров	Выбранные технические показатели
1. Увеличение выполняемой объема работы	Увеличение Касательной Мощности, N_k	F_{00}	кН	F_{00}
		V_{00}	км/ч	V_{00}
		Рл	т	Рл
		N_e	кВт	N_e
	Увеличение времени работы	$U_{пax}$	км/ч	
		Тел	лет	Тел
2. Уменьшение эксплуатационных расходов	Уменьшение расхода топлив	g_e	Г/кВтч	g_e
	Увеличение надежности	Res		Res
	Соц/эколог. Эффект	g_e	Г/кВтч	
	Рациональный подбор локомотива для работы	$\wedge N_e M P$		$\wedge N_e M P$
3. Применение в неблагоприятных условиях	Применение на плохих путях	$P_{1\text{ ось}}$	кН	$P_{1\text{ ось}}$
	Применение на ограничен, территориях	Бл Ул Rmin	м м ³ м	Бл Ул Rmin

Таблица 2.4. - Номенклатура технических параметров,
характеризующая вывозную работу локомотива

Составляющие полезного эффекта	Мероприятия, изменяющие эконом, эффект	Технические показатели	Размерность показателей	Выбранные технические показатели
1. Увеличение Выполняемой объема работы	Увеличение Касательной Мощности, N_k	$F_{\text{л}}$	кН	F_{0T}
		$U_{\text{л}}$	км/ч	V_{00}
		$P_{\text{л}}$	т	$P_{\text{л}}$
		N_e	кВт	N_e
	Увеличение времени работы	v_{max}	км/ч	v_{max}
		Тел	лет	Тел
2. Увеличение эксплуатационных расходов	Уменьшение расхода топлив	g_e ц_r	г/кВтч грн	g_e
	Увеличение надежности	Res ЦТОТР ЛТОТР	грн км	Res
	соц/эколог. Эффект	g_e Цштр	г/кВтч грн/т	
3. Применение в неблагоприятных	на плохих путях	$p_{\text{х ось}}$	кН	$p_{\text{ось}}$
	на ограничен, территориях	R_{min} Ьл Ул	м м м^3	R_{min} Ьл Ул

2.2. Методика прогнозирования параметров маневровых тепловозов по их удельным характеристикам

В результате анализа работ [62, 73, 77, 84] для оценки и прогнозирования параметров локомотивов по их удельным характеристикам была разработана методика прогнозирования параметров локомотивов. Эта методика используется для определения недостающих параметров локомотивов зарубежного производства и проверки достоверности значений параметров проектируемых, модернизируемых и уже существующих локомотивов [69, 70, 86-92, 100-109 и др.].

Вначале выбирался критерий для группирования маневровых тепловозов. Как известно, локомотивы можно сгруппировать по следующим параметрам или критериям:

по секционной мощности локомотива, Ne' ,

по осевой формуле;

по осевой нагрузке, $P_{ось}$;

по критерию удельной мощности, Ne/P' ,

по критерию удельной СИЛЫ ТЯГИ, Fp/Ne' ,

по передаточному числу редуктора ТЭД, i_p ;

по коэффициенту тяги, Fp/P' ,

по коэффициенту использования мощности и др. Nk/Ne и др.

Совершенствование тягового подвижного состава на протяжении всего периода развития проводилось путем повышения мощности силовых установок. Это определялось ростом весовых норм поездов, скоростей движения и экономическими соображениями.

Увеличение секционной мощности имеет свои положительные и отрицательные стороны. Так, увеличение мощности локомотива ведет к относительному снижению силовых и вспомогательных агрегатов, участ-

вующих в работе. Следовательно, в определенных пределах увеличение секционной мощности сопровождается экономией капитальных вложений на приобретение подвижного состава и затрат на его обслуживание. Также увеличение секционной мощности дизелей способствует улучшению механического коэффициента полезного действия, т.е. уменьшению величины относительных потерь на трение и затраты энергии на привод вспомогательных агрегатов.

Но в то же время увеличение секционной мощности имеет и отрицательные стороны:

недоиспользование мощности (коэффициент использования мощности уменьшается) ведет к уменьшению суммарной экономии топлива в эксплуатации, что объясняется смещением режимов нагружения дизеля в область повышенных значений расхода топлива;

появляются затруднения в организации оптимального воздухообеспечения на частичных режимах;

увеличивается отрицательное влияние переходных процессов вследствие высоких значений степени наддува и других показателей форсирования;

увеличение секционной мощности потребует введения дополнительных весовых норм, что приведет к удлинению приемо-отправочных путей от 850 до 1050м, а при невозможности удлинения станционных путей, к снижению коэффициента использования мощности;

необходимость усиления верхнего строения пути.

При группировании по секционной мощности также не учитываются ни осевая формула локомотива, ни вес, ни передача локомотива.

С учетом этого локомотивы были сгруппированы в следующие мощностные группы: 1 группа - локомотивы мощностью менее 750 кВт, 2 группа - локомотивы мощностью от 750 кВт до 1000 кВт, в 3 группу вошли

локомотивы с мощностью от 1000 кВт до 1250 кВт, а в 4 группу с мощностью более 1250 кВт.

Рассмотрим группирование локомотивов по коэффициенту использования мощности. Под коэффициентом использования МОЩНОСТИ ($\eta_{пер}$) понимают отношение касательной мощности локомотива к эффективной N_e

$$\eta_{пер} \sim \frac{N_k}{v_e} \quad (2.37)$$

Он характеризует передачу локомотива и его вспомогательные системы. В связи с тем, что касательная мощность дана не для всех локомотивов преобразуем формулу (2.37). Как известно касательная мощность на ободу колеса определяется по формуле

$$N_t = \quad (2.38)$$

Подставив уравнение (2.37) в (2.38) получим

$$\eta_{пер} = N_e \cdot 3,6 \quad (2.39)$$

Используя методы математической статистики, были выбраны числовые значения коэффициента передачи и их поля допусков. Для этого производилась начальная статистическая обработка, в результате которой можно выделить две группы локомотивов (см. табл. 2.5).

Особый интерес представляет группирование локомотивов по удельной силе тяги. Под критерием удельной силы тяги понимается отношение силы тяги длительного режима к мощности локомотива. Он показывает, сколько полезной силы тяги приходится на единицу мощности локомотива.

Как известно требования к тяговому подвижному составу определяются целым рядом эксплуатационных факторов:

заданным уровнем максимальных и средних скоростей движения на участках;

весовыми нормами поездов;

допускаемыми осевыми нагрузками;

дальностью обращения локомотивов;

системой содержания, обслуживания и ремонта локомотивов;

установленным сроком службы;

степенью загрузки.

В результате анализа условий эксплуатации локомотивов на железных дорогах различных стран мира были получены следующие данные:

- 1) для локомотивов американских железных дорог характерны большие осевые нагрузки ($R_{ось}=26-32\text{т/ось}$) и малая степень форсирования.
- 2) для локомотивов европейских ж.д. характерна малые осевые нагрузки ($R_{ось}=16-21\text{т/ось}$) и высокофорсированное легкое оборудование.
- 3) для локомотивов бывшего СССР характерны средние осевые нагрузки ($R_{ось}=19-25\text{т/ось}$) и широкий диапазон форсирования, начиная от нефорсированных ЛЭУ и заканчивая высокофорсированными.

Аналогичные расчеты по группированию локомотивов были выполнены и по остальным параметрам.

Значения параметров границ групп по рассматриваемым критериям и параметрам представлены в табл.2.5.

Таблица 2.5 - Значения границ показателей группирования

Наименование критерия (параметра) группирования	Значения границ показателей группирования			
	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
1. По мощности дизеля, кВт	<750	750-1000	1000-1250	>1250
2. По коэффициенту использования мощности	<0,7	>0,7		
3. По удельной силе тяги, кН/кВт	<0,20	0,20-0,26	0,26-0,30	>0,30
4. По критериям постоянства полезной силы тяги к мощности, кН/кВт и коэффициенту тяги, кН/т	<0,20	0,20-0,26 <2,0	0,20-0,26 >2,0	>0,26
5. По передаточному числу редуктора	<4,6	4,64-5,1	>5,1	
6. По осевой формуле, осей	4	6	8	
7. По осевой нагрузке, т/ось	<20	20-25	>25	
8. По коэфф, тяги, кН/т	<0,091	0,0914-0,24	>0,24	

Для определения критерия группирования локомотивов использовались методики [53, 98], основанные на теории множеств.

Была отобрана статистическая информация о технических параметрах маневровых тепловозов. При этом исследуемые тепловозы можно описать перечнем следующих основных параметров:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_{12}\} \quad (2.40)$$

где x_1 - мощность локомотива, N_e ;

x_2 - сила тяги длительного режима, $P_{дл}$;

x_3 - сила тяги при трогании локомотива, $F_{тр}$;

x_4 - масса локомотива, P_L ;

x_5 - количество осей, n ;

x_6 - длина локомотива, B_L ;

x_7 - минимальный радиус проходимых кривых, R_{min} ;

x_8 - скорость конструкционная, V_K ;

x_9 - скорость расчетная, V_p ;

x_{10} - осевая нагрузка, $P_{ось}$;

x_{11} - коэффициент тяги, $(p_{тяги})$;

x_{12} - передаточное число тягового редуктора, i ;

x_{13} - запас топлива, $P_{топл}$.

Данное множество параметров будем рассматривать как совокупность взаимосвязанных факторов.

С помощью корреляционного анализа установлена степень линейной взаимосвязи рассматриваемых факторов x_z , $z=1, 2, 3, \dots, 13$ для каждой группы по рассматриваемым критериям группирования в отдельности. В соответствии с результатами обработки строим матрицу частных коэффи-

циентов корреляции, которая позволит оценить тесноту линейной взаимосвязи между параметрами.

Затем производим оценку значимости частных коэффициентов корреляции по критерику Стьюдента t

$$\frac{\tau_{bij} \sqrt{k_{ij}}}{\sqrt{1 - \tau_{bij}^2}} \quad (2.41)$$

где r_{bij} - критическое значение для частных коэффициентов корреляции;

k_{ij} - число степеней свободы;

i - критерий группирования;

j - группа при группировании.

В свою очередь число степеней свободы рассчитывается по формуле

$$k_{ij} = m - n_{il} - 1, \quad (2.42)$$

где m - объем выборки исследуемых локомотивов;

n_{il} - количество интервалов разбиения.

В расчетах принимаем уровень значимости равный $\alpha=0,05$.

По выбранному уровню значимости α и рассчитанному числу степеней свободы по [52] находим критическое значение критерия Стьюдента $t(\alpha, k_{ij})$.

Из уравнения (2.41) критическое значение для частных коэффициентов корреляции рассчитываем по формуле

$$\hat{A} = P(a \quad \text{Ду}) \quad \langle^2-\langle\rangle$$

После этого строим матрицу толерантности T по правилу

$$T = \left\{ \tau_{ij} \right\} \begin{cases} \text{если } T_{cdij} > T \\ 0, \text{ если } T_{cdij} \leq T \end{cases} \quad (2.44)$$

Будем рассматривать зависимость параметров локомотива от мощности Ne по дизелю. Для этого сделаем подсчеты количества единиц в каждой группе при каждом критерии группирования. Результаты расчетов представлены в прил.А.

Для определения количества групп при группировании можно использовать экономико-статистические методы или методы теории распознавания образов. Экономико-статистические методы, несмотря на сравнительную простоту обладают рядом недостатков [81]. Поэтому поставленную задачу будем решать с использованием теории распознавания образов.

Группирование исследуемых локомотивов осуществляется одновременно по ряду признаков, описывающих его. Множество признаков образуют «признаковое пространство», в котором каждому признаку придается смысл координаты. Исследуемый объект может быть представлен в качестве точки в m - мерном пространстве. Задача группирования сводится к выделению сгущений точек в этом пространстве как по количественным, так и по качественным признакам.

С учетом этого объектами группирования локомотивов являются реальные сочетания V_j реализаций различных показателей, а группами - сформированные типовые сочетания Y_w . Каждая реализация Vi характери-

зуется определенным набором $[R_j]$ характеристик, с помощью которых можно отличить эту реализацию от других реализаций множества где $i = (y, n)$. Т.е. характеристики, описывающие определенный локомотив, являются его признаком. Причем каждая R -я работа также характеризуется множеством признаков. Поэтому и каждая реализация будет характеризоваться, помимо совокупности признаков, множеством дополнительных признаков, присущих м показателям и составляющих B_e реализации.

Исходя из особенностей различных показателей локомотивов в качестве основных признаков при группировании локомотивов были приняты: номенклатура показателей $\{R_j\}$, характеризующих локомотив как маневрово-вывозной, корреляционная связь между показателями. Остальные признаки учитываются при упорядочении исходных данных.

В геометрической интерпретации каждую реализацию V_j можно представить точкой в m - мерном пространстве. Признак, соответствующий каждому показателю k_j представляется в виде координатной оси. Такое геометрическое представление необходимо преобразовать в информацию, которую бы легко можно было выполнить.

В результате анализа [3, 28, 31, 81] для определения количества групп из всего разнообразия методов теории распознавания образов был выбран метод таксономии, который описан в трудах [28, 31, 81] и по которым разработаны алгоритмы и программы для группирования локомотивов, приведенные в прил.Б. Определение количества групп при группировании производится по критерию удельной силы тяги.

Решение задачи таксономии осуществляем в соответствии с процедурой, обобщенная структурная схема которой представлена на рис. 2.8.



Рис. 2.8. Структурная схема группирования локомотивов методом таксонов

Рассмотрим плоскость $F/NeQNe$, на которой расположено множество точек с координатами $F/Ne_j, Ne_j, j = 1, n$. Координата F/Ne_j соответствует значению удельной силы тяги j -го тепловоза, Ne_j - его эффективной мощности.

Координаты точек F/Ne и Ne , подлежащих таксономии, приведены в прил.Б.

Разобьем плоскость $F/NeQNe$ прямыми, параллельными осям $QNe, OF/Ne$ на отдельные прямоугольники со сторонами $AK/Уе=0,025кН/кВт$ $Д/Уе=200Вт$ (рис.2.9).

Ячейки сформированной сетки заполним в соответствии с признаком P_{ij} (рис.2.10), значение которого определяется выражением

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } z > K \\ 0, & \text{если } z < K, K \end{cases} \quad (2.45)$$

где i, j - номера ячеек в плоскости $F/NeQNe'$,

z - количество точек, попадающих в ячейку со стороны $NF/Ne, ANe \setminus$

k - параметр, задаваемый проектировщиком, характеризует степень адекватности создаваемой модели исследуемому процессу.

Задание величины k - является процедурой субъективной. Очевидно, что чем меньше значение k , тем большее количество точек $F/Ne_j, Ne_j$ будет учитываться в создании модели. В этом случае исследование модели будет затруднено из-за высокой размерности задачи. При выборе слишком большого значения k можно значительно упростить модель и исказить исследуемую задачу, так как ячейки, в которых содержится менее, чем k точек, в дальнейшем анализе не участвуют.

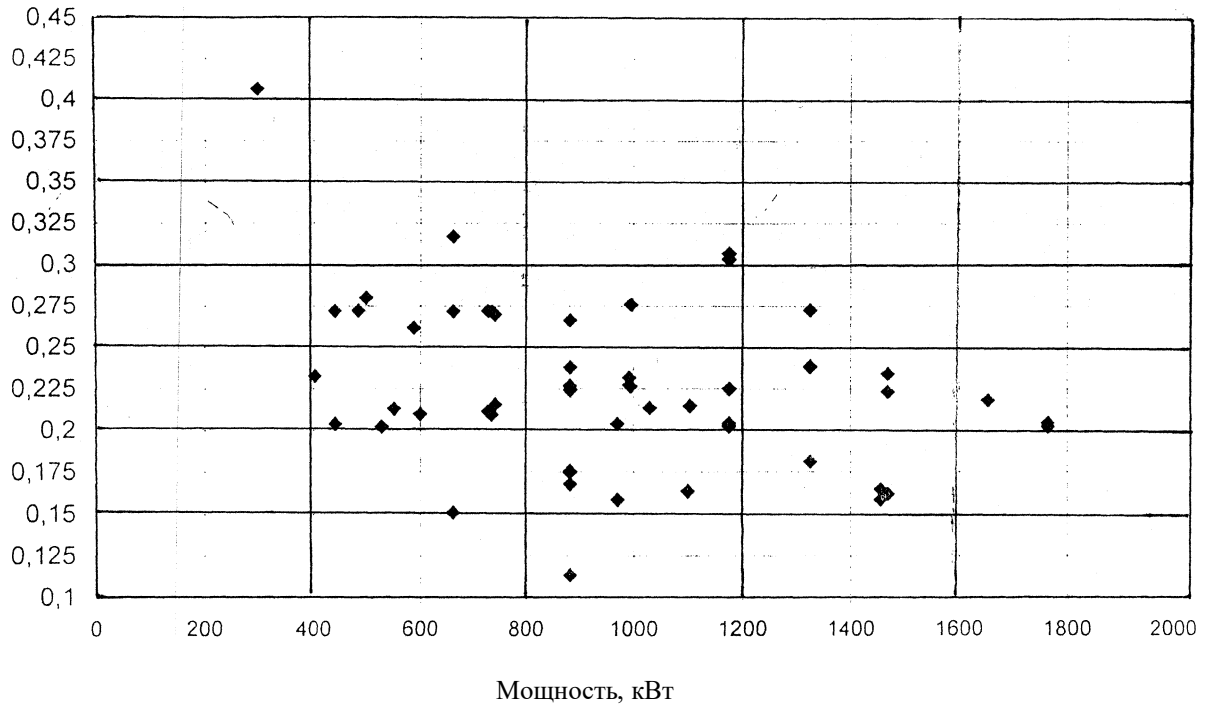


Рис. 2.9. Исходное множество точек зависимости удельной силы тяги от мощности

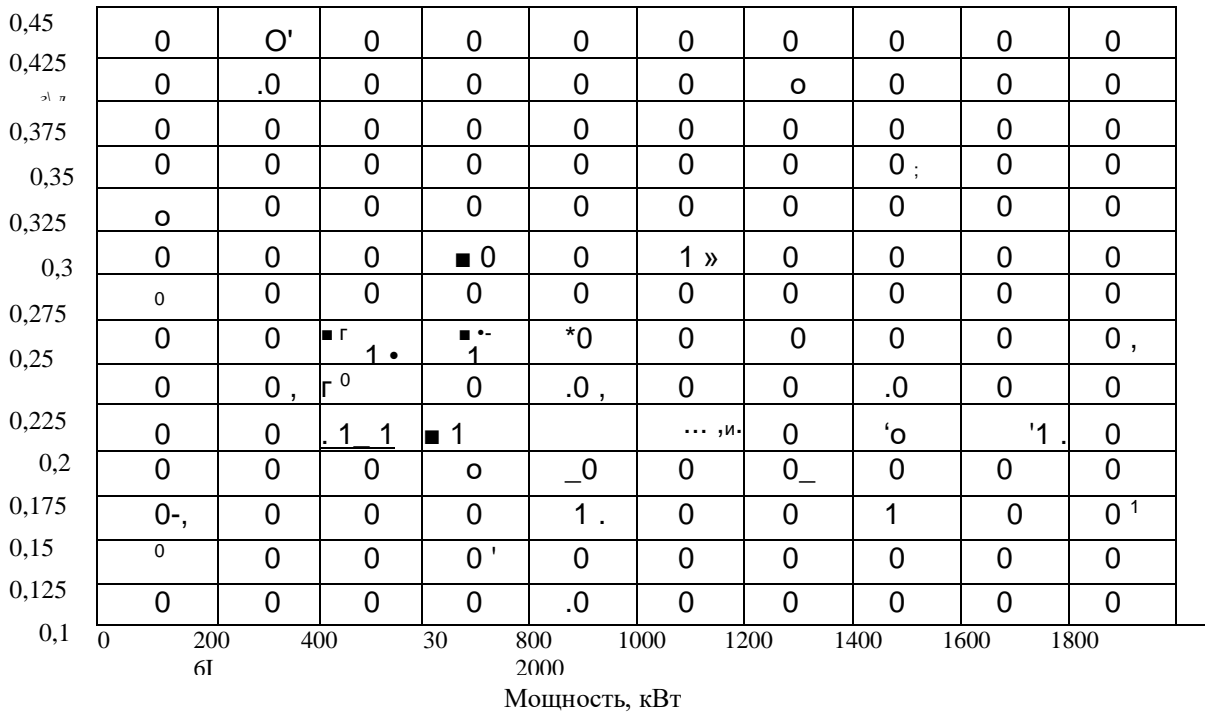


Рис. 2.10. Множество F/Ne и Ne, учитывающее наиболее существенные сторбны процесса

Поэтому для рационального выбора параметра k предварительно определим максимальное количество точек z_{max} , попадаемых в какую-либо из ячеек сетки, а затем определяем k в соответствии с выражением

$$k = V^{r/\lambda} \quad (2.46)$$

где $/u$ - коэффициент адекватности, который выбирается проектировщиком в диалоговом режиме.

Структурная схема процедуры построения модели исследуемого процесса приведен на рис.2.11, а укрупненный алгоритм в прил.Б.

Дальнейшему исследованию подлежат те ячейки сетки, для которых выполняется условие $P_y = \setminus \quad j = l, ri$). Необходимо произвести выделения областей, которые можно объединить в отдельные таксоны и произвести кодировку ячеек сетки в соответствии с номером таксона. Для этого воспользуемся процедурой декомпозиции.

Процедура декомпозиции заключается в объединении ячеек сетки, у которых $P_y = l$, в области, ограниченной ячейками сетки, для которых $P_y = Q$.

При этом исходное множество P необходимо разделить на подмножество $z^k \quad i = J =$ значения элементов которого опреде-

ляются выражением

$$z \quad ij^k >^k 1, \quad (2.47)$$

где k - порядковый номер таксона;

$/$ - количество таксонов.

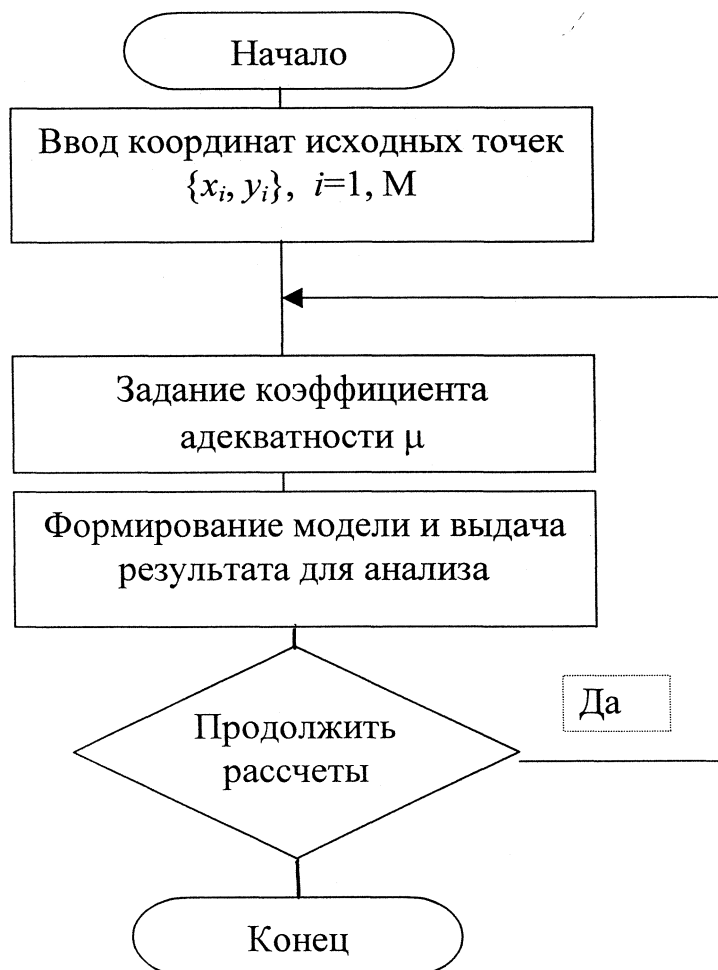


Рис. 2.11. Упрощенный алгоритм построения модели группирования тепловозов методом индексов

Группировка элементов P_u в подмножестве z осуществляется по следующим схемам:

- из массива P последовательно выбираются только те элементы P_u значения которых равны единице;
- для каждого элемента $P_{j+1} \neq 1$ анализируется выполнение условия:

$$P_{j+1} \wedge P_{j+2} \wedge \dots \wedge P_{j+l} = 0. \quad (2.48)$$

Если условие (2.48) выполняется, то ячейка P_u представляет собой область, ограниченную нулевыми ячейками. Следовательно, элемент P_u представляет собой отдельный таксон, и его следует выделить в отдельное подмножество z^k , элемент которого вычисляется в соответствии с выражением (2.48).

Если (2.48) не выполняется, построчно анализируются следующие элементы P_u и формируется область до тех пор, пока она со всех сторон не будет ограничена нулевыми элементами P_u . Изменяя величину l от 0 до 1 и вычисляя в соответствии с (2.48) значения F для каждого значения u , определяются группы локомотивов в таксонах, которым соответствует максимальное значение критерия качества таксономии.

В результате моделирования было получено при $l=0,7$ количество таксонов составило $\&=4$.

Координаты центра $F_{г0}$ таксона Ne , F/Ne^k определяем по формулам:

$$N_{г0}^{>Yk} = Y Ne \prod_{j=1}^{Yk} q_k. \quad (2.49)$$

$$(F I Ne)^{qk} = \mathcal{L} (F / Ne \setminus I q_k \cdot D=1) \quad (2.50)$$

После определения координат точек центра таксонов формируем массив $\{Ne^k, F/Ne^k\}$; $te=\setminus, l$ в котором значение критерия качества таксономии определяем при помощи метода статистических испытаний по формуле (2.45), определив перед этим кратчайший незамкнутый путь между точками.

Поскольку мы производим группирование локомотивов по критерию удельной силы тяги, то были получены следующие координаты центров таксонов по оси F/Ne :

для первой группы таксонов - 0,171;

для второй группы таксонов - 0,220;

для третьей группы таксонов - 0,274;

для четвертой группы таксонов - 0,307.

3.1. Получение зависимостей между показателями локомотивов

Практические результаты расчетов получены с помощью использования "ПК маневровый локомотив", разработанного в третьей главе и представлены в прил. В.

В результате расчетов рассматриваемые локомотивы были сгруппированы на четыре группы, для которых получены уравнения зависимостей силы тяги маневровых тепловозов от мощности (рис. 2.12).

Особый интерес представляет вторая группа, в которую вошли почти все маневровые тепловозы, эксплуатируемые на железных дорогах Украины: ВМЭ1 (Венгрия); ТЭ1, ТЭМ2М, ТЭМ2УМ, ТЭМ3, ТЭМ7, ТЭМ15 (Россия); ЧМЭ2, ЧМЭ3, ЧМЭ3Т, ЧМЭ3М, ЧМЭ5 (Чехия); RSI, S-4 фирмы ALKO (США); RS-13, S4 фирмы «Монреаль» (Канада); ВВ63500 (Франция); ТЭМ101 (Украина). Поэтому дальнейшие расчеты выполнены для

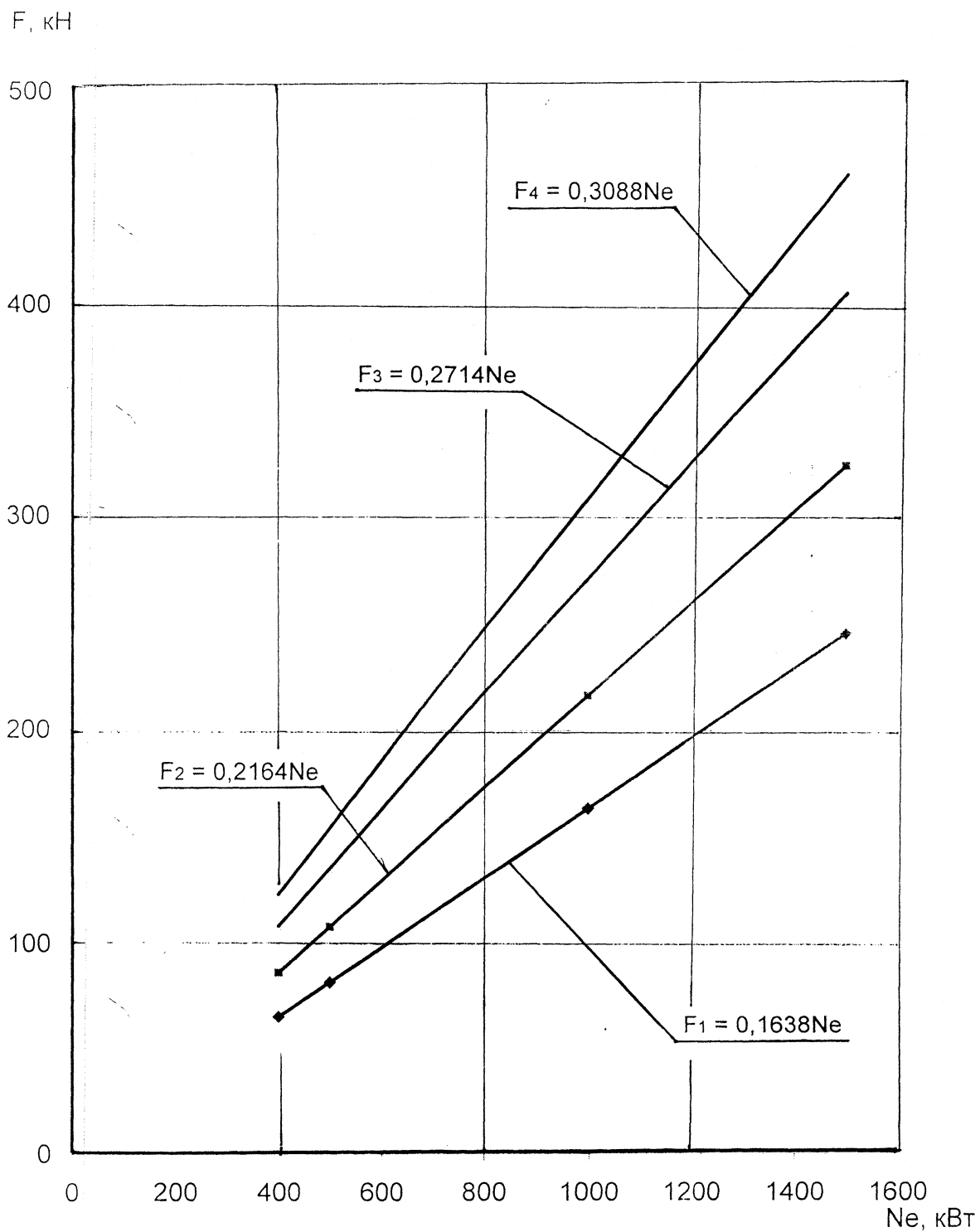


Рис. 2.12. Зависимость силы тяги маневровых тепловозов от мощности

этой группы маневровых тепловозов.

Для определения формы связи и оценки рассеивания между параметрами локомотива использовалась теория корреляционного анализа. Функцию корреляционной зависимости одного массива характеристик от другого определяли с использованием регрессионного анализа. Уравнение регрессии, которое является аналитической зависимостью между характеристиками локомотивов, определяли методом наименьших квадратов [72].

2.3.1. Силовые характеристики локомотивов.

Для удельных силовых характеристик получено основное уравнение для 3 группы локомотивов

$$P_{ai}=0,2155F_{ai} \quad (2.51)$$

где F_{ai} - сила длительного режима;

Ne - мощность локомотива.

В результате расчетов также были получены следующие основные зависимости:

$$F_j/Ne = 2 \cdot 10^{-6} Ne + 0,2189, \quad (2.52)$$

$$P/Ne = 5 \cdot 10^{-5} Ne + 0,1682, \quad (2.53)$$

$$L/Fk = 6 \cdot 10^{-6} Ne^2 - 0,0233Ne + 34,079, \quad (2.54)$$

Для коэффициента использования мощности при маневровой работе на горке в зависимости от количества осей локомотива получены следующие зависимости:

для четырехосных маневровых тепловозов

$$k^4_{Ne}=443/Ne-, \quad (2-55)$$

для шестиосных маневровых тепловозов

$$k^6_{n.}=704/Ne. \quad (2.56)$$

2.3.2. Весогабаритные характеристики локомотивов

Весогабаритный анализ структурной схемы тепловоза проводится при помощи двух параметров: линейной мощности и плотности компоновки. Однако, если плотность компоновки выражает вес оборудования на единицу длины, а следовательно, и степень реализации параметрического обеспечения надежности, удельная линейная мощность, кроме того, зависит от форсирования элементов локомотива. Удельная линейная мощность является в этом случае комплексным показателем, так как $Ne/L=Pn/L*Ne/Pn$ и зависимость ее от мощности описывается уравнением второго порядка

$$Ne/L=2*ia 'Ne^2+ +0.05Ne+16,185. \quad (2.57)$$

В последнее время наблюдается рост удельной мощности, зависимость которой от мощности тепловоза описывается уравнением

$$Ne/Pn=2 *10''6Ne^2+0.0076Ne+3,3664. \quad (2.58)$$

Если отнести параметр удельной мощности к осевой мощности, то влияние осевой характеристики несколько сглаживается. Закон изменения

средних величин общей степени форсирования дизельных локомотивов в этом случае характеризуется уравнением первой степени:

$$Ne/L=32j531Neocb-87,598. \quad (2.59>$$

Для оценки соотношения между реализуемой силой тяги длительного режима и весом локомотива пользуются коэффициентом тяги длительного режима. Он представляет собой отношение силы тяги длительного режима к служебной массе локомотива, а зависимость его от мощности описывается уравнением второго порядка

$$Fk/Pn=5*10^{-7}Ne^2+0,0019Ne+0.6394. \quad (2.60)$$

Линейная сила тяги, представляющая собой отношение силы тяги длительного режима к длине локомотива, в зависимости от мощности описывается уравнением

$$Fk/L=2*10^{-6}Ne+0,0112Ne+3.5103. \quad (2.61)$$

Также были получены уравнения:
зависимости длины локомотива от мощности

$$L = 0,0067Ne+9,6194, \quad (2.62)$$

зависимости объема локомотива от мощности

$$U_{лок}= 0,122 Ne+ 93,326, \quad (2.63)$$

зависимости веса локомотива от мощности

$$P_l = 0,0674N_e + 45,113. \quad (2.64)$$

''

2.3.3. Осевые характеристики маневровых локомотивов

Для прогнозирования осевых характеристик для второй группы локомотивов получено уравнение зависимости осевой мощности локомотива от его мощности

$$N_e/n = 0,167N_e - 0,303, \quad (2.65)$$

А также зависимости осевой силы тяги как в общем, так и с учетом осности маневровых тепловозов

$$F_k/n = 0,0286N_e + 12,655, \quad (2.66)$$

$$F_k/n^4 = 0,0538N_e - 0,473, \quad (2.67)$$

$$F_k/n = 0,0328N_e + 3,9657. \quad (2.68)$$

Зависимость осевой нагрузки от мощности выражается уравнением первой степени

$$P_{ось} = 0,0062 N_e + 15,189. \quad (2.69)$$

2.3.4. Прочие зависимости характеристик маневровых тепловозов

Особый интерес представляют зависимости параметров, характеризующих надежность локомотива. Так, зависимость ресурса ЛЭУ от мощности для 2 группы описывается уравнением

$$Res = -0,093Ne + 1,334. \quad (2.70)$$

Наибольший интерес представляет прогнозирование параметров, характеризующих экономическую сторону локомотива. Изменение удельного расхода топлива в зависимости от мощности описывается уравнением

$$g_e = -0,032Ne + 0,126Ne - 38,2. \quad (2.71)$$

Изменение зависимости конструкционной скорости от мощности локомотива описывается уравнением

$$V_k = -4 \cdot 10^{-5} Ne^2 + 0,1188Ne + 26,572. \quad (2.72)$$

Для наглядности и быстроты обработки были построены номограммы веерного типа (рис. 2.13-2.15).

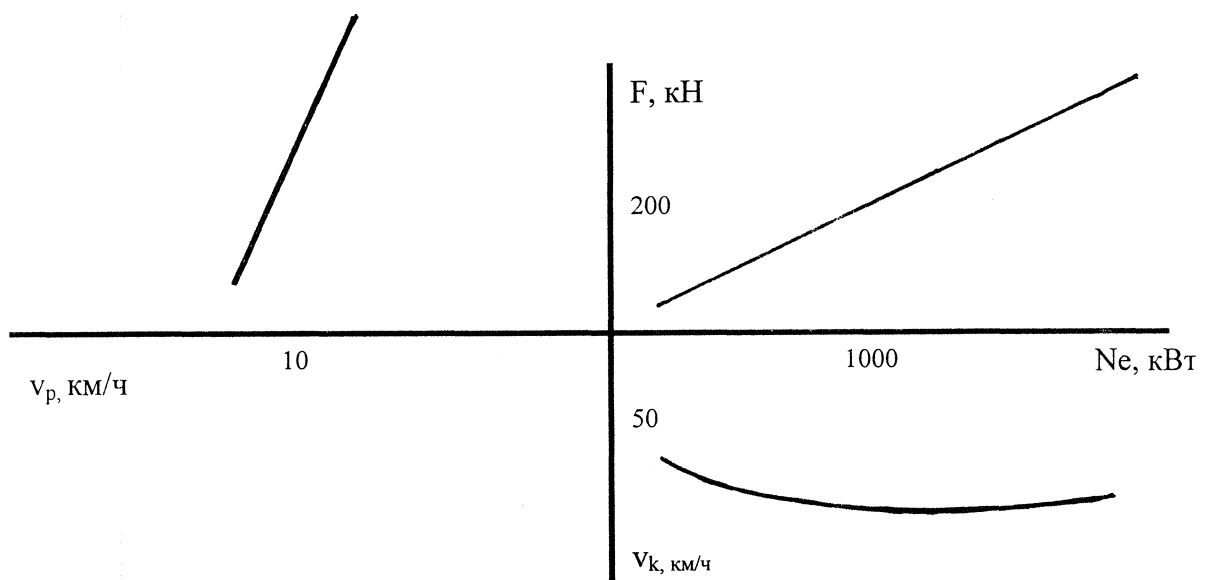


Рис. 2.13. Зависимости v_h Ne , F , v_p для второй группы локомотивов

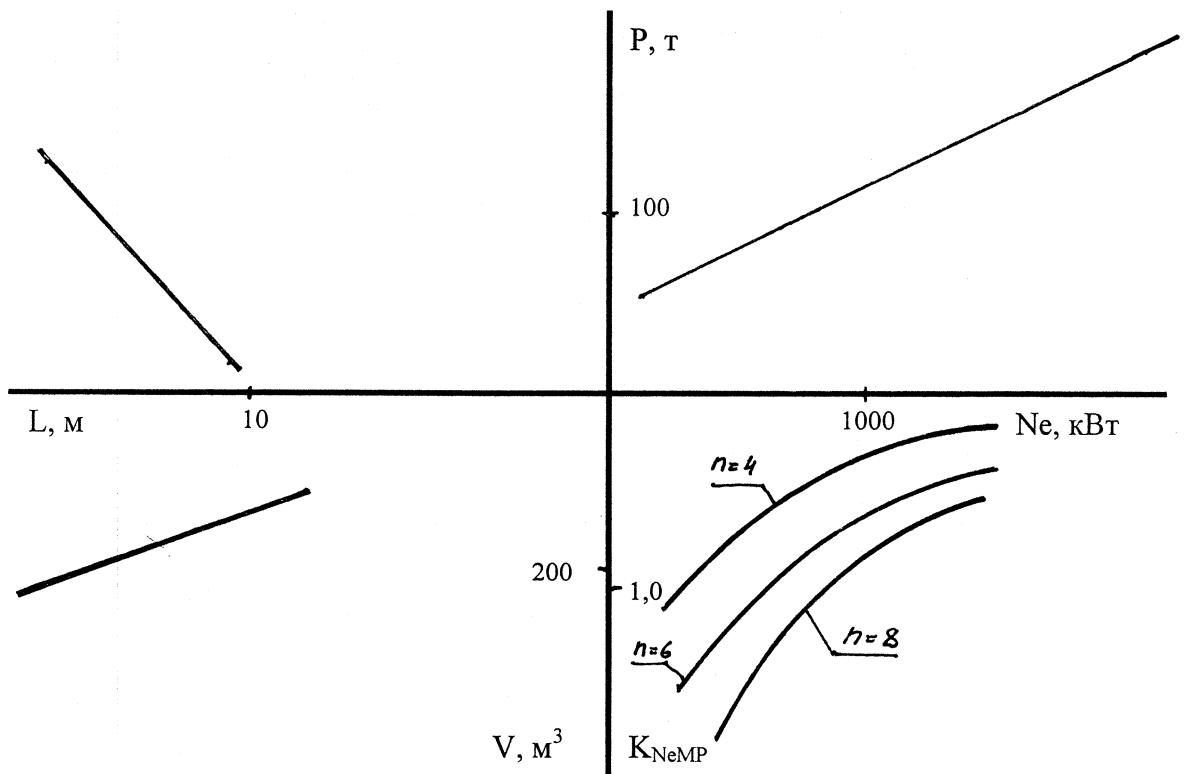


Рис. 2.14. Зависимости L , Ne , P , V , k_{NeMP} для второй группы локомотивов

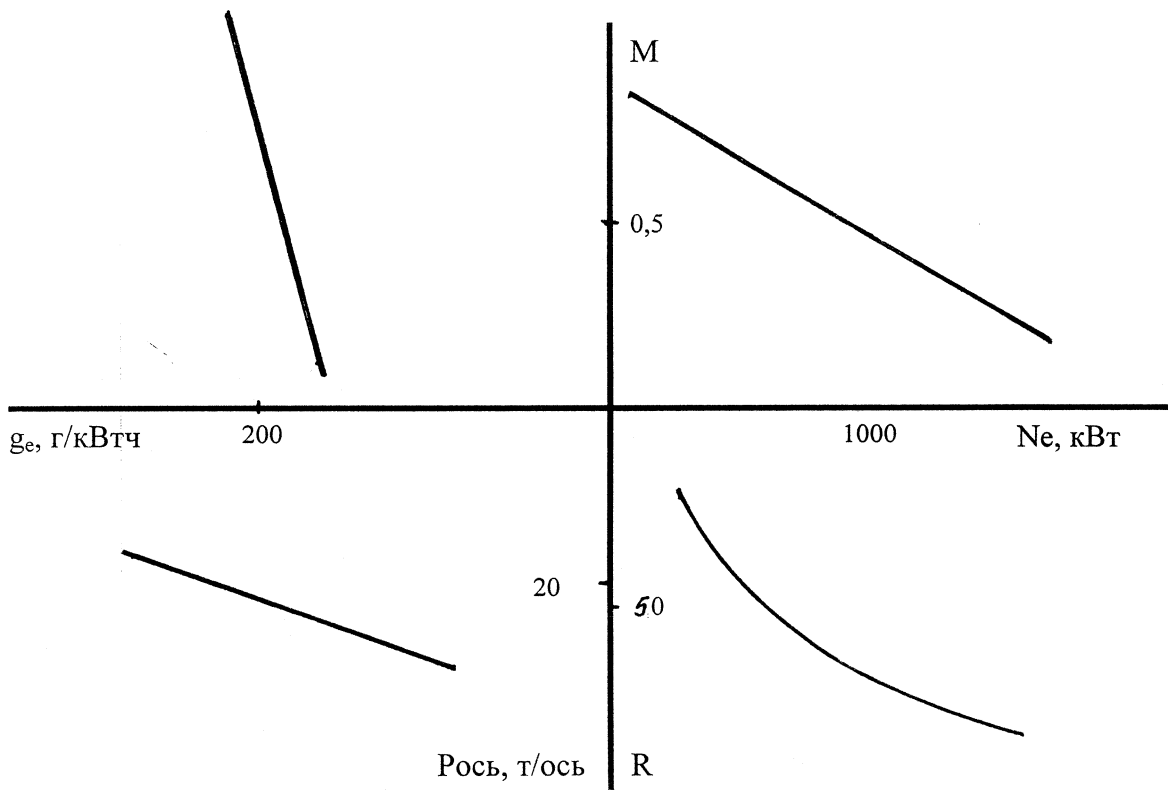


Рис. 2.15. Зависимости R , Ne , M , g_e , $P_{ось}$ для второй группы локомотивов

ГЛАВА 3

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ МЕТОДОМ ИНДЕКСОВ

Как известно, маневровый локомотив является наиболее сложной по своему техническому составу, металлоемкая, энергоемкая, насыщенная электро- и радиооборудованием и приборами автоматики продукцией машиностроения. В свою очередь тепловоз обладает практически бесконечным количеством свойств, составляющих в целом его качество и обуславливающих способность его удовлетворять соответственно потребности народного хозяйства. При вычислении комплексной оценки качества необходимо учитывать возможно большее число свойств для повышения точности оценки и возможно меньшее число свойств для снижения трудоемкости вычисления оценки вытекает "количественная" задача об оптимальном, необходимом и достаточном числе свойств, которое нужно принимать во внимание при квалиметрических расчетах. Именно поэтому, для наиболее полного охвата оценкой разноплановых свойств локомотива классифицируем их в следующие группы: функциональные, технические, экономические, надежности, технической эстетики, уровня стандартизации и унификации, патентно-правовой защиты, экологические, безопасности, транспортабельности, эргономические и технологические (рис. 3.1).

Но в тоже время возникает другая задача - "качественного" выбора свойств, т.е. из всех свойств необходимо выбрать их достаточное число.

Чтобы решить эту задачу используем квалиметрический метод оценки уровня качества маневрового локомотива. В свою очередь выбор метода зависит от цели оценки уровня качества. Среди многообразия целей оценки уровня качества выделены цели, перечень которых приведен в табл. 3.1.

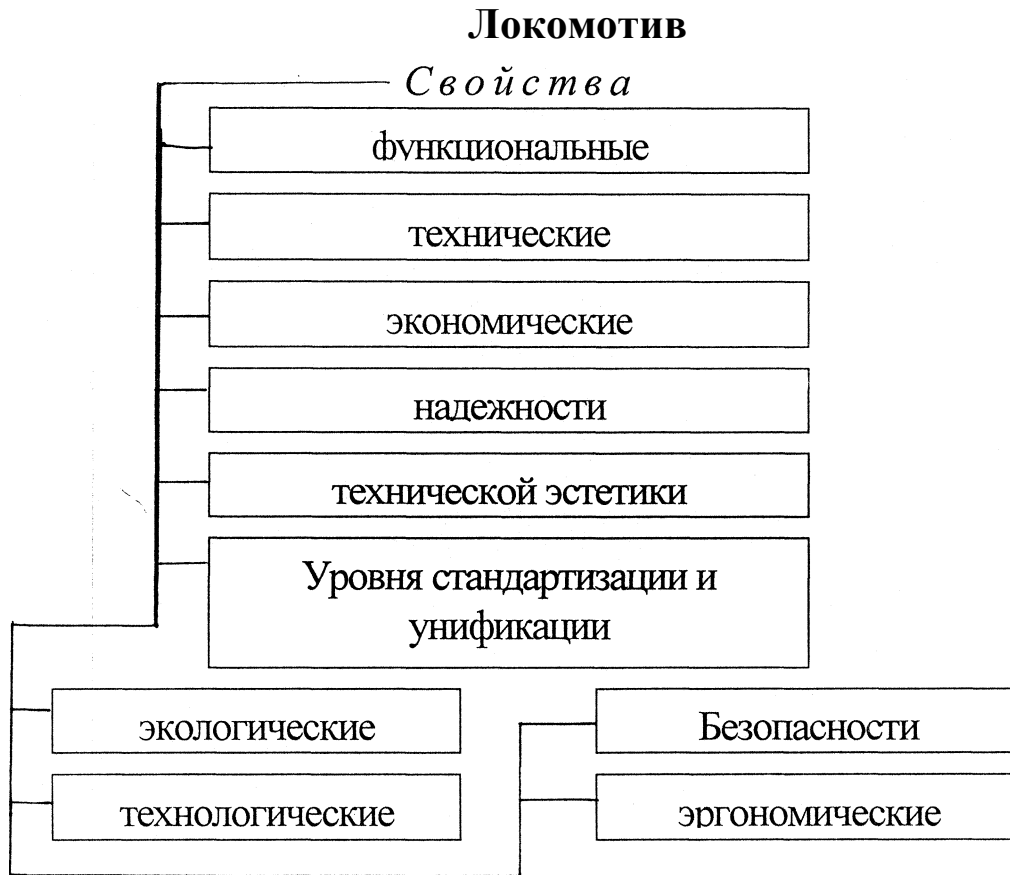


Рис.3.1 - Классификация свойств локомотива

Целью данных исследований является определение Тех.Ур маневрового тепловоза при его модернизации или выборе варианта локомотива для покупки.

Рассмотрим основные методологические положения, раскрывающие научные предпосылки и организационно-методические причины оценки Тех.Ур тепловозов.

В настоящее время проблема управления НТП в современной ее постановке обуславливает поиск, разработку и внедрение научно обоснованных методов оценки Тех.Ур транспортных средств. При этом необходимо учитывать качественные и структурные изменения в экономике промыш-

Таблица 3.1 - Цели для оценки уровня качества ТС

Этап создания локомотивов	Этап эксплуатации локомотивов
1. Выбор варианта продукции	1. Выбор динамики качества
2. Контроль качества при изготовлении	2. Применение по не основным назначениям
3. Аттестация качества локомотивов (испытания)	3. Определение фактической себестоимости в регионах
4. Определение технического уровня при проектировании и модернизации	5. Определение коэффициента фактической эффективности работ
5. Выбор оптимального Тех.Ур модели создаваемого маневрового локомотива	6. Определение порога убыточности в данном регионе
6. Контроль технического уровня в процессе разработки локомотива	7. Оценка рейсовой работы при изменении грузопотока
7. Обоснование целесообразности постановки продукции на производство	
8. Обоснование продолжения выпуска локомотивов или их снятие с производства	
9. обоснованность организационно-технических мероприятий, направленных на повышение Тех.Ур создаваемых тепловозов	

ленности под воздействием НТП. Оценка Тех.Ур подвижного состава с учетом воздействия НТП должна рассматриваться как одна из ключевых моментов в совершенствовании механизма управления инновациями техники и технологии. Она должна выполнять две основные функции:

первая - служить мерой качества определенного результата, подверженной воздействию НТП;

вторая - представлять в соответствии с групповым принципом субъект-объектного единства оценки функцию управления.

Анализ работ [4, 6, 8, 18, 19, 32, 35, 40, 55, 59, 61, 68 83 и др.] в области состояния организационно-методического обеспечения оценки технического уровня в разных отраслях машиностроения, в том числе и в локомотивостроении показал, что вопросы методологического подхода к оценке Тех.Ур еще не решены в достаточной мере.

Рассмотрим с учетом влияния НТП методологические положения, раскрывающие научные предпосылки и организационно-методические принципы оценки Тех.Ур маневровых тепловозов, используя труды Ю.М. Андрианова и .А.И. Субетто [3, 80, 81].

1 положение. При определении технического уровня маневровых локомотивов необходимо использовать уровневые показатели (приростные, индексные), соизмеряющие технико-экономические показатели сравниваемых локомотивов или динамику их изменения.

Применение данного методологического подхода дает возможность сопоставления показателей качества оцениваемых локомотивов по отношению к базовому, в качестве которого, в зависимости от решаемой задачи, может быть принят наилучший в настоящий или некоторый прошлый момент времени образец отечественной или зарубежной промышленности или перспективный образец, определяющий уровень наивысших мировых достижений в будущем. Это в свою очередь дает возможность судить о

том, насколько прогрессивный создаваемый или эксплуатирующийся в настоящее время локомотив.

Если у сравниваемых локомотивов одни показатели лучше, а другие хуже желательно применять обобщающие относительные показатели индексов. Они позволят получить количественную оценку технического уровня локомотивов. При реализации этого важного методического принципа оценки технического уровня необходимо соблюдение следующих условий, вытекающих из задач управления НТП:

2 условие - методологическое единство подходов к оценке Тех.Ур маневровых тепловозов и выбору критериев оптимальности технических решений;

3 условие - сопоставимость результатов оценки Тех.Ур с экономической оценкой результатов создания и применения локомотива, взаимосвязь технического уровня и его цены, возможность использования для определения ее конкурентоспособности;

4 условие - возможность получения обобщенной оценки для различных локомотивов, независимо от их функционального назначения и вида конструкции.

5 Положение. Необходимо учитывать группы факторов, определяющих направленность НТП и обуславливающих развитие маневровых локомотивов. Рассмотрим эти группы факторов.

1 группа. Эту группу представляют факторы, связанные с непрерывно возрастающими потребностями в повышении качества локомотивов и увеличения выпуска их количества. К ним относятся:

- технические, направленные на улучшение эксплуатационных характеристик;

- социальные, направленные на повышение безопасности движения и снижения вредного воздействия на человека (шум, освещенность и т.д.);

- экологические, направленные на снижение вредных выбросов в окружающую среду;

- экономические, направленные на снижение затрат на обслуживание и ремонт.

/

2 группа. Это факторы, представляющие научно-технические и экономические ресурсы развития локомотивостроения, характеризующие достигнутый на данном этапе уровень научно-технических знаний и соответствующие области технико-технологической и экономической осуществимости и целесообразности при создании новой техники.

В свою очередь каждый из этих факторов в отдельности и во взаимодействии друг с другом обуславливают в различные моменты времени изменения направленности развития локомотивов (например, создание микропроцессорной техники ведет к внедрению ее на локомотивах в различных его системах. Это в свою очередь ведет к увеличению надежности локомотива, повышению безопасности движения локомотива, уменьшению расходов, связанных с эксплуатацией, т.е. к созданию локомотива с большим техническим уровнем. Или развитие электроники привело к созданию и внедрению на локомотивах ЧМЭЗ реостатного тормоза, что дало возможность повысить его технико-экономические свойства).

Для учета этих групп факторов в определении технического уровня маневровых тепловозов необходимо проводить исследования направленности НТП и тенденций развития не только локомотивов, но и целой отрасли локомотивостроения. Практическая цель такого исследования состоит в следующем:

- изучить потребность в повышении качества локомотива;

- определить номенклатуру показателей качества локомотива (т.е. определить основные показатели локомотива которые являются носителя-

ми информации, характеризующей основные свойства маневровых локомотивов);

- установление приоритетов, характеризующих общественную потребительскую значимость (важность) этих показателей.

Изменение приоритетов показателей в свою очередь будет вести к различной скорости изменения показателей качества локомотива (например, в 70-80 годы сильно увеличивались мощностные показатели локомотивов, что было обусловлено увеличением грузоперевозок, а следовательно и экономической целесообразностью ведения тяжеловесных поездов. Экологическим показателям в то время большого внимания не уделялось. В настоящее время, в связи с ухудшением экологической и экономической обстановки, на первое место выходит социально-экологическая проблема. Следовательно, социально-экологические и экономические показатели качества локомотива будут в большей степени изменяться, чем мощностные).

Определение приоритетов показателей качества маневровых тепловозов в зависимости от развития техники в анализируемый период необходимо производить по одному из двух направлений:

- первый исходит из представления о неизменности социального заказа на качество в предшествующем и последующем периодах (приоритеты показателей качества локомотива будут сохранены в будущем);

- второй предполагает изменчивость социального заказа, т.е. приоритеты показателей качества локомотива будут изменены в будущем.

Во втором случае исследования необходимо производить с учетом социально-экономических прогнозов изменения ресурсной обстановки, изменений социальных и экономических требований к качеству маневрового тепловоза.

3 Положение. При определении технического уровня маневровых тепловозов необходимо использовать методологию динамической оценки

Тех.Ур, которая определяется взаимосвязью НТП, технического уровня и эффективностью воспроизведенных процессов. Эта методология обоснована в работах [3, 80] и базируется на принципе перевода сравнительных оценок показателей качества во временные характеристики жизненного цикла тепловоза. Она фактически фиксирует отношения обмена между интенсивностью свойств, которые характеризуют качество локомотива, и временем его жизни, где эквивалентом обмена выступает скорость изменения интенсивностей свойств локомотива под воздействием НТП.

Чем выше Тех.Ур создаваемых локомотивов, тем продолжительнее период эффективного его использования. В то же время, чем выше темпы НТП, тем быстрее устаревают существующие локомотивы и тем интенсивнее темпы их обновления. Следовательно, динамика Тех.Ур последовательно заменяемых моделей фактически характеризует процесс морального старения локомотивов, который в свою очередь характеризуется определенной периодичностью и является составной частью ее жизненного цикла. Цикл одного поколения локомотивов состоит из следующих этапов (рис. 3.2):

- разработка проекта локомотива;
- создание и испытания опытного образца;
- серийное производство локомотивов;
- эксплуатация локомотивов;
- ликвидация (списание).

Большой жизненный цикл поколений существующих локомотивов определяется продолжительностью «жизни» принципиально новых, разработанных и усовершенствованных на основе единого технического принципа. Малый жизненный цикл охватывает срок от создания до морального устаревания одного поколения локомотивов.

Эксплуатация локомотивов о °

I----- F

1----- 1

Рис. 3.2 - Жизненный цикл локомотива

4 Положение. При расчете динамической оценки технического уровня маневровых локомотивов необходимо определять следующие временные показатели:

- время опережения или отставания технического уровня локомотива;
- эффективный срок производства маневровых тепловозов;
- показатель (коэффициент) технической прогрессивности.

Рассмотрим более подробно эти показатели. Исследования циклических закономерностей развития техники и технологии [66] базируется на следующих двух принципах:

- принцип отражения тенденций развития техники в динамике наивысших технических достижений;
- принцип дискретности и поступательности процесса развития техники и технологии.

В соответствии с первым принципом закономерность развития маневровых локомотивов можно исследовать на основе анализа временных рядов мирового технического уровня (МТУ). По второму принципу динамика МТУ описывается неубывающей ступенчатой функцией времени. Приросты или скачки технического уровня во временных сечениях данного процесса вызваны применением технических новшеств, повлиявших как на отдельные показатели, так и на качество локомотива в целом.

Сопоставление Тех.Ур рассматриваемых локомотивов относительно границ развития мирового локомотивостроения позволяет выявить важные для практики временные характеристики жизненного цикла локомотива. По траектории МТУ можно установить число лет, на которое оцениваемый маневровый тепловоз опережает уровень мировых достижений или отстает от него. Время опережения траектории МТУ характеризует глубину новизны локомотива. Время перехода МТУ в допустимый в производстве определяет производственный цикл обновления локомотивов, а в допустимый в эксплуатации - эксплуатационный цикл обновления. Допустимый Тех.Ур определяется в каждый конкретный момент времени морально устаревшим локомотивом в производстве и в эксплуатации. Сравнение глубины новизны и цикла обновления (инновационного цикла) позволяет выбрать стратегию обновления и модернизации создаваемых тепловозов, обосновать целесообразный уровень обновления. Ускорение развития НТП и связанное с ним повышение темпов роста Тех.Ур обуславливают уменьшение длительности инновационного цикла, а замедление их развития и снижение темпов роста - увеличение.

Эффективный срок производства представляет собой интервал времени от момента начала серийного выпуска до момента наступления морального износа. В случае отставания оцениваемого объекта от достигнутого МТУ эффективный срок производства меньше цикла обновления, а в

случае опережения - больше. Следовательно, эффективный срок производства выступает как временный эквивалент технического уровня. Понятия эффективных сроков производства и эксплуатации связывают понятия технического уровня и продолжительности инвестиционного цикла создаваемого локомотива: чем меньше продолжительность инвестиционного цикла, тем больше эффективный срок жизни данного локомотива с достигнутым при его разработке техническим уровнем и тем больше интегральная народнохозяйственная эффективность как обозначенная мера его качества. Отсюда следует, что необходимо сокращать допроизводственную стадию по сравнению с нормативным сроком, а также уменьшать продолжительность подготовки и освоения производства.

Длительность цикла обновления не одинакова для разных видов подвижного состава. Поэтому сопоставимость их Тех.Ур может быть достигнута при сравнении их по показателю технической прогрессивности, определяемому отношением эффективного срока производства оцениваемого локомотива к установленной для данного типа средней длительности цикла его обновления.

5 Положение. Оценка Тех.Ур на предпроектной и последующих стадиях должна выступать как методология анализа тенденций и прогнозирования развития локомотивостроения. Она должна включать:

- изучение материалов патентных исследований и другой научно-технической информации об рассматриваемом типе локомотивов;
- анализ динамики развития локомотивостроения за прошедший период;
- исследование потребностей и конъюнктуры рынка;
- выявление направлений деятельности ведущих фирм ;
- анализ применения новых технических решений и оценку их перспективности;

- выявление предельно достижимых значений показателей качества будущего периода;
- прогнозирование и планирование технического уровня проектируемого локомотива. /

В результате анализа для сравнительной оценки технического уровня двух маневровых локомотивов предлагается ниже приведенная методика, учитывающая основные разработанные положения. Алгоритм методики представлен на рис.3.3, а суть методики состоит в следующем:

1. Определение цели исследования.
2. Выбор номенклатуры параметров локомотива
 - маневровая работа;
 - вывозная работа.
3. Определение рациональности и иррациональности параметров.
4. Проверка достоверности показателей исследуемых локомотивов.
5. Выбор базового образца
6. Расчет технического уровня маневровых локомотивов
7. Расчет временных показателей при динамической оценке технического уровня локомотивов.
8. Сравнительный анализ рассматриваемых локомотивов и выводы.

3.1. Выбор и определение рациональных и иррациональных параметров

Выбор номенклатуры показателей, характеризующих маневровый тепловоз производим по методике, разработанной во второй главе.

Важной особенностью при определении технического уровня маневрового локомотива является процедура отнесения параметров к рациональным или нерациональным. Следует особо подчеркнуть, что отнесение

данного параметра к рациональной или иррациональной категории производится по наименованию (семантике) параметра, при котором числовое значение самого параметра не существенно. В зависимости от категории рациональности выбираются прямые или редуцированные отношения (формулы 3.1 и 3.2)

$$k_{n,1} = p/P_0, \quad (3.1)$$

$$k_{n,2} = P_0/p', \quad (3.2)$$

где p - числовой параметр для прогнозируемого объекта техники;

$p_0 > p_n$ - числовые параметры для функционально-однородных существующих объектов техники отечественного и зарубежного производства.

3.2. Требования к базовому образцу

При выборе в качестве базового образца конкретного отечественного или зарубежного маневрового тепловоза необходимо соблюдение следующих требований:

1. Аналог должен иметь то же назначение и ориентироваться на ту же группу потребителей.
2. Аналог должен иметь сопоставимую степень массовости выпуска.
3. Сведения по аналогу должны иметь хронологическую (не более 2-х лет по году публикации) сопоставимость с оцениваемым тепловозом.
4. Не допускается использовать для сравнения отдельные показатели, взятые у разных аналогов.

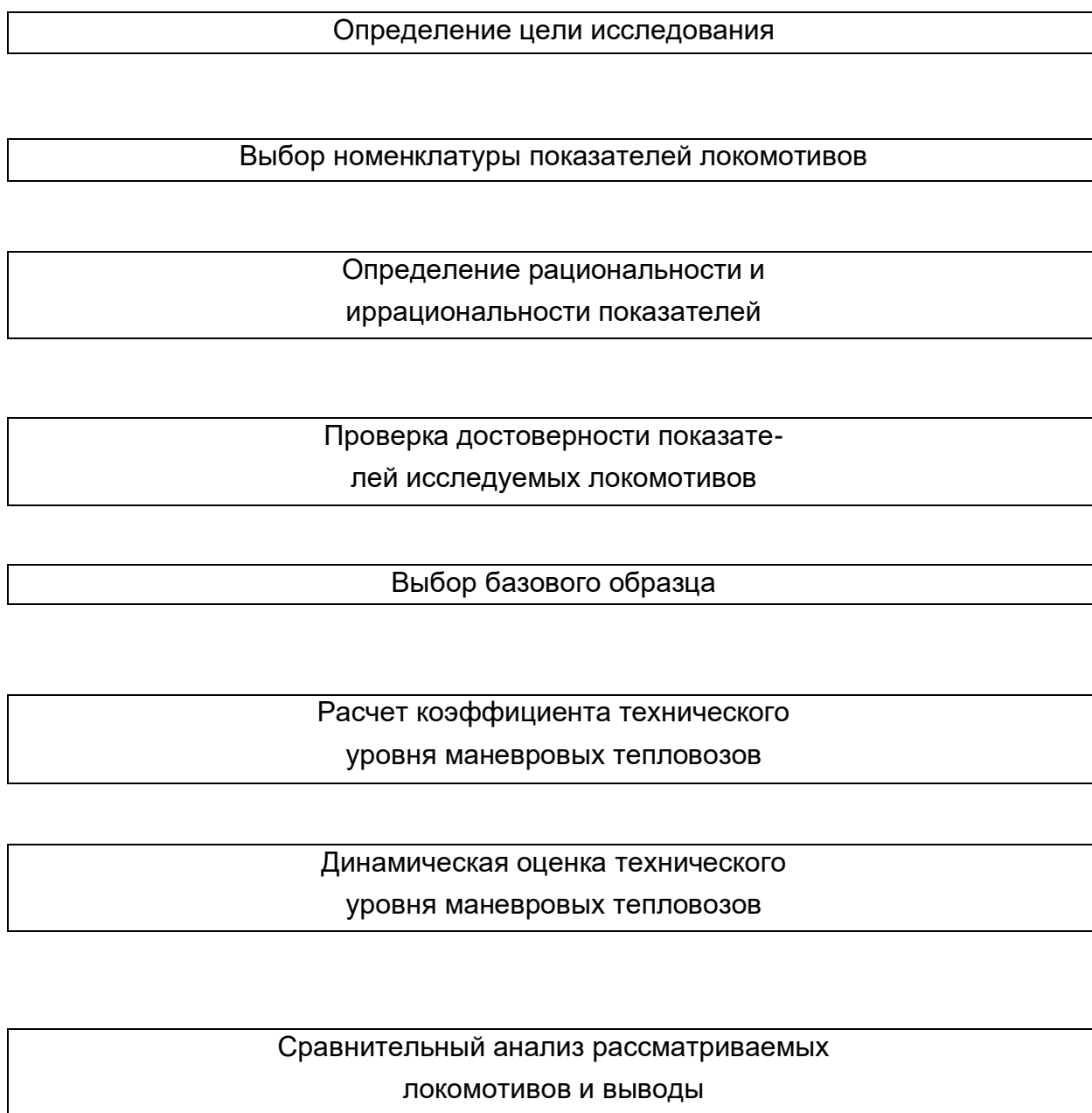


Рис. 3.3. Алгоритм определения технического уровня маневровых тепловозов.

3.3. Методика определения коэффициента технического уровня

С учетом анализа существующих методик [17, 28, 31, 80] большие возможности представляет методология оценки Тех.Ур маневровых локомотивов на основе экономической оценки влияния показателей качества на полезный эффект, который получает пользователь от улучшения показателей. При этом совокупный полезный эффект складывается из единичных полезных эффектов, которые выражаются в изменении объема и качества выполняемой работы, экономии рабочей силы, снижения расходов топлива и других составляющих конечного результата работы локомотива.

Параметры локомотива, характеризующие его качество[^] относятся к различным свойствам и, следовательно, имеют различную природу, что не дает возможности привести их к одной шкале измерения. Поэтому в качестве характеристики их различия будем применять индексные числа. В этом случае уровень локомотива относительно выбранного базового будет определять число показателей, в качестве которого будет служить индекс следующего вида

$$I = \frac{Z}{Z_0} - 1 + \frac{\Delta n}{\Delta b}, \quad (3.3)$$

где Z , Z_0 - экономический эффект, получаемый от использования оцениваемого и базового локомотива;

Δn - полезный экономический эффект, получаемый от замены базовой техники новой, $Z_n - Z - Z_0$ ■
//

Как известно, на полезный эффект параметры локомотива влияют по-разному. При этом большую значимость в сопоставительном анализе сравниваемых локомотивов имеют те показатели, изме-

нение которых в большей мере влияет на разницу в экономическом эффекте от использования оцениваемой и базовой техники.

Сделаем предположение, что влияние любого из параметров на экономический эффект не зависит от принимаемых значений других показателей. Тогда, согласно аксиоматике теории оценивания, общая полезность результата будет представлена как сумма единичных (частных) полезностей составляющих этого результата.

Предположив также, что показатели качества различаются незначительно, с точностью до членов более высоких порядков малости на основе разложения получим следующее выражение для полезного эффекта

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial \Phi}{\partial P_i} (P_i - P_{i0}) \quad (3.4)$$

где n - число показателей, учитываемых при определении полезного эффекта тепловозов;

$\frac{\partial \Phi}{\partial P_i}$ - частная производная, выражающая прирост полезного эффекта при изменении i -го показателя качества относительно фиксированных значений базовой совокупности параметров;

P_i, P_{i0} - значения параметров оцениваемого и базового тепловозов.

Подставив выражение (3.4) в формулу (3.3) и сделав некоторые преобразования, получим

$$I = 1 + 2 \sum_{i=1}^n \frac{\gamma_i}{P_{i\delta}} \quad (3.5)$$

^z где D - коэффициент значимости z -го показателя качества, который определяется по формуле

$$\lambda_i = \frac{\gamma_i}{P_{i\delta}} \quad (3.6)$$

где U_i - коэффициент эластичности, представляющий относительную меру прироста экономического эффекта при малом относительном изменении z -го показателя качества и рассчитывается по формуле

$$\frac{P_i}{P_{i\delta}} \frac{\Delta P_i}{P_i} \quad (3.7)$$

Коэффициент эластичности показывает на сколько процентов изменится экономический эффект за счет отклонения P_i от $P_{i\delta}$ на 1%.

В основу этого индексного показателя ТехУр положена аксиома взаимозаменяемости качества. При этом под взаимозаменяемостью качества понимается, что для любого изменения любого параметра есть компенсирующее его по эффекту изменение другого или группы других параметров.

Если соотношения замещений параметров не зависят от их значений, то имеет место линейная или кусочно-линейная взаимосвязь. Тогда, основываясь на аксиоме взаимозаменяемости качества индекс-

ный показатель Тех.Ур маневровых тепловозов представим в линейной аддитивной форме

$$u = \sum_{i=1}^n \frac{Y_{ij}}{P_i} \quad (3.8)$$

где Y_{ij} - коэффициент эластичности замены по качеству, который определяется как отношение

$$r_s = \frac{Y_{ij}}{P_i} \quad (3.9)$$

где Y_{ij} - коэффициент эластичности некоторого u -го параметра, произвольно выбранного из общего числа показателей, по которым определяется полезный эффект тепловозов.

В свою очередь

$$\frac{Y_{ij}}{P_i} \quad (3.10)$$

Тогда формулу (3.9) можно представить в виде

$$u = \sum_{i=1}^n \frac{Y_{ij}}{P_i} \quad (3.11)$$

С другой стороны коэффициент $\frac{Y_{ij}}{P_i}$ можно представить как

$$\rho_{,6}^{ii} = \frac{\dots}{\dots} \quad (3.12)$$

где $\rho_{,6}$ - коэффициент замещения параметров локомотива.

Для параметров локомотива, изменение значений которых учитываются в экономических результатах, коэффициент замещения рассчитываем по формуле

$$m_{..} = \frac{\Delta \rho_{,z} / \rho_{,z}}{\Delta \rho_{,j} / \rho_{,j}} \quad (3.13)$$

где $\Delta \rho_{,z}$ - прирост полезного эффекта за срок службы локомотива;

$\rho_{,z}$, $\rho_{,j}$ - изменение, соответственно z -го и j -го показателей качества.

Для показателей качества, влияние которых на экономические результаты производства и использования тепловозов установить расчетным путем или экспериментально трудно или невозможно, коэффициент замещения $m_{..}$ определяем с использованием экспертного метода по формуле

$$m_{..} = \rho_{,j} / \rho_{,z} \quad (3.14)$$

где $\rho_{,j}$ - прирост j -го параметра, равноценное по эффекту изменению z -го параметра локомотива, что соответствует равенству приростов их полезных единичных эффектов.

Индекс технического уровня, рассчитываемый по формуле (3.11), измеряется в интервальной шкале, в которой коэффициент является масштабируемым множителем. Выбор его не влияет на порядок предпочтительности сравниваемых объектов. Индексная оценка технического уровня позволяет сказать, какой объект предпочтительнее в принятых единицах измерения.

Для практических расчетов индексного показателя технического уровня после некоторых преобразований будем использовать формулу

$$u = 1 + \frac{u_{тП}}{P_j - T_c' - t} s^m a (p < P.6) \quad (3.15)$$

где T , $Tб$ - действительные сроки службы оцениваемого и базового тепловозов;

$P_jб$ - показатель объема полезной работы, производимой в единицу времени с помощью базового тепловоза.

Но при определении технического уровня маневровых локомотивов необходимо учитывать не только преимущества техники, но и затраты на ее создание. Без сравнения себестоимости локомотивов неполноценно сравнивать их между собой и судить о конкурентоспособности.

Основой для такого сравнения может служить уровень мировых цен, который отражает совокупную оценку затрат производящих фирм. Для получения объективных данных об уровне мировых цен была исследована конъюнктура рынка, установлены основные фирмы-изготовители маневровых тепловозов, уровень цен на интересующие

локомотивы. Затем делается анализ конкурентоспособности рассматриваемых моделей не только по техническому преимуществу, но и с учетом экономического путем сравнения цен локомотивов с помощью индекса

$$I_{ТЭУ} = I/I_{ц}. \quad (3.16)$$

где I - индекс технического уровня, рассчитываемый по формуле (3.15);

$I_{ц}$ - индекс цены, который рассчитывается по формуле

$$I_{ц} = C/C_{б}, \quad (3.17)$$

где C - цена рассматриваемого локомотива, грн;

$C_{б}$ - цена базового локомотива, грн.

При оценке Тех.Ур и конкурентоспособности маневровых тепловозов все расчеты индексных показателей должны выполняться в ценах мирового рынка.

3.4. Динамическая оценка технического уровня

Особый интерес представляет изменение Тех.Ур маневровых тепловозов в зависимости от времени постройки и группы разбиения.

Существует два направления в определении периода прогнозирования: первый основанный на опросе экспертов, а второй на построении математической модели. Период прогнозирования на основе опроса экспертов определяется после того, как намечены объекты прогнозирования. Ре-

зультаты опроса экспертов оформляются в виде вариационного ряда или гистограммы. Периоду прогнозирования соответствует медиана вариационного ряда [44].

Для определения периода прогнозирования T на основе анализа результатов опроса экспертов Г.М. Добров [15] предложил следующую формулу

$$T = (4T_{ост} + 2T_{в})/6, \quad (3.18)$$

где $T_{ост}$ - период прогнозирования, отмеченный осторожным экспертом;

$T_{в}$ - менее завышенный период прогнозирования.

Рассмотрим определение периода прогнозирования значения Тех.Ур способом построения математической модели. Этому вопросу много внимания уделял В.Г. Гмошинский [16]. В основу математической модели он положил уравнение

$$dT / T = (1 - y)dy, \quad (3.19)$$

отражающее элементарную связь между перспективным уровнем развития техники y и периодом прогнозирования T . Уравнение (3.19) составлялось в предположении, что приращение периода прогнозирования dT пропорционально абсолютному периоду, приращению параметра, характеризующего технический уровень Dy , а также некоторой функции $Q(y)$, зависящей от изменения уровня y во времени t , т.е.

$$dT = TQ(y)Ay. \quad (3.20)$$

Функция $Q(y)$ определяется предельным переходом в виде

$$= 1 - Y. \quad (3.21)$$

Решение уравнения (3.20) при начальных условиях $y=Ц/;$ $T=t_0$ приводит к соотношению

$$m = t_0 \cdot \exp[0,5y^2 - y - (0,5^y - 1)], \quad (3.22)$$

где t_0 - время (лет), соответственно предыстории внедрения в производство локомотива прототипа;

$ц$ - параметр, соответствующий нижнему пределу прогнозной эффективности $\{li/ = 3_{min} - 0,2\}$;

y - соответствует критерию технического уровня локомотива,

$J=A_7$.

Параметр t_0 определяется на основе анализа историко-технической информации, как время от зарождения заявки (технического задания) до начала производства опытных образцов.

В соответствии с начальными условиями В.Г. Гмошинским предлагается [16] период прогнозирования числовым параметром при $1 < Ki < 1,8$ определять по формуле

$$T = t_0 \exp(0,57C^2 + 1,8Z + \dots) \quad (3.23)$$

Период прогнозирования, в зависимости от времени можно разделить на:

краткосрочный ($K_j < 5$ лет);

среднесрочный ($6 < A_j < 15$);

долгосрочный ($16 < T^7 < 20$).

Если период внедрения прототипа tg неизвестен, то можно определить относительные значения периода прогнозирования. При этом относительный период прогнозирования определяется в виде доли от потенциально возможного периода внедрения прототипа

$$T \ll \exp(0,5L^2 + 1,8K + 1,3). \quad (3.24)$$

Одним из математических методов прогнозирования значения Тех.Ур является индексный метод. Использование этого метода для оценки Тех.Ур маневровых тепловозов позволяет установить степень соответствия рассматриваемых локомотивов мировому уровню. Но такая оценка не дает возможности судить о том, насколько прогрессивны рассматриваемые локомотивы, а также определить эффективную продолжительность их производства, экономически целесообразные сроки их обновления и модернизации.

При оценке прогрессивности рассматриваемых локомотивов будем учитывать динамику развития локомотивостроения и использовать методологию динамической оценки технического уровня разрабатываемых локомотивов. Одним из подходов для определения прогрессивности локомотивов применяется метод временных шкал оценки технического уровня. В них обычно указывается число лет, которое отделяет начало промышлен-

ного выпуска оцениваемого локомотива от начала выпуска уже существующего.

Если рассматриваемые локомотивы имеют Тех.Ур ниже существующих в настоящее время, мирового уровня, то определяется число лет отставания $T_{отст}$ по формуле

$$T_{отст} = t_{наст} - t_{прош} \quad (3.25)$$

где $t_{наст}$ - календарный год, когда начат выпуск локомотивов;

$t_{прош}$ - календарный год в прошлом, когда начат промышленный выпуск локомотивов с Тех.Ур, равным уровню рассматриваемого локомотива.

Если же рассматриваемые локомотивы имеют Тех.Ур выше, чем достигнутый в настоящее время, определяется число лет опережения по формуле

$$T = t_{буд} - t_{наст} \quad (3.26)$$

где $t_{буд}$ - календарный год в будущем, когда прогнозируется начало промышленного выпуска локомотивов с тем же значением Тех.Ур, что и у рассматриваемого локомотива.

Одним из условий использования временной шкалы для оценки Тех.Ур проектируемых локомотивов является условие однотипности сравниваемых технических параметров, что в нашем случае соблюдается.

Другим подходом оценки прогрессивности Тех.Ур локомотивов является подход, основанный на сопоставлении во времени индексов Тех.Ур в комплексе с анализом динамики и прогнозирования развития локомоти-

вов. Данный подход и был взят для прогнозно-аналитической оценки Тех.Ур.

Как известно, динамику развития техники можно проанализировать в рамках малого и большого циклов. При этом малый жизненный цикл одного поколения техники составляет часть большого цикла эволюции развития техники, который охватывает несколько его поколений. Как показал анализ временных рядов параметров техники в пределах одного - двух поколений допустима линеаризация траектории развития. На таком же интервале времени оценивается и динамика развития техники при определении прогрессивности и жизненного цикла создаваемых локомотивов. Возможность линеаризации траектории развития техники позволяет применить линейные модели экстраполяционного прогнозирования, которые требуют минимальной информации об объекте и имеют достаточно простую интерпретацию.

Исходной информацией для анализа технического уровня будут являться данные, оформленные по форме 1.1 отчета о патентных исследованиях, выполняемых в соответствии с [19]. Для этого приводятся данные по трем образцам техники: наилучшему образцу предшествующего поколения; наилучшему существующему образцу; перспективному образцу, соответствующего уровню достижений будущего поколения техники.

Введем следующие обозначения исходной информации согласно [19]:

$\{P_{2ip} \dots P_{npr} \wedge pr\}$ - информация о показателях качества наилучших образцов предшествующего поколения локомотивов (локомотивы производства 60-70 годов);

$\{p \setminus nac_m \> P_{2nac_m} \dots P_{nast} f_{nac_m}\}$ - информация о показателях качества наилучших образцов локомотивов на данный момент времени (локомотивы производства 80-90 годов);

$(P_1 \text{ буд } > P_2 \text{ буд } \dots > P_n \text{ буд } \text{буд}j$ - информация о прогнозируемых показателях

качества перспективного образца локомотива;

Используя данный массив информации и исходя из линейной модели прогноза развития техники изменение индексного показателя Тех.Ур во времени представим линейной зависимостью

$$W) = \quad) + AЯ(/ - \quad , \quad (3.27)$$

где \quad - индексное число, соответствующее уровню базового локомотива;

$L/7$ - средний годовой прирост базового индекса - индексное изменение за отрезок времени $\&t=t-t_{\text{Насм}}$.

Используя исходную информацию, рассчитаем средний годовой прирост базового индекса за период времени, равный циклу обновления локомотивов. Среднюю продолжительность этого периода установим на основе анализа сменяемости последнего поколения техники в ведущих странах. Согласно статистическому анализу [88, 92] средняя продолжительность инновационного цикла локомотивов составляет 15-20 лет. Тогда

$$(3.28)$$

где $H(t_{np})$ - индекс технического уровня наилучшего образца предшествующего поколения локомотивов;

$T_{обн.пр}$ - средняя продолжительность инновационного цикла в предшествующий период.

Подставив в уравнение (3.27) индекс $I(i) = I_{разр}$

$$T = \left[I_{разр} - I(t_{наст}) \right] / I \quad (3.29)$$

где $I_{разр}$ - индекс технического уровня рассматриваемого локомотива по отношению к наилучшему мировому локомотиву на данный момент времени.

Индексы $H(t_{пр})$ и $I(i_{разр})$ рассчитываем по индексному методу оценки Тех.Ур

$$H(t_{пр}) = 1 + E \sum_{i=1}^n (P_{пр} - P_{наст})^i T_i \quad (3.30)$$

$$I_{разр} = 1 + E \sum_{i=1}^n (P_{разр} - P_{наст})^i \cdot \dots \quad (3.31)$$

Индекс проектируемого локомотива ТЭМ101 рассчитываем по формуле

$$H(t_{буд}) = 1 + E \sum_{i=1}^n (P_{буд} - P_{наст})^i \cdot \dots \quad (3.32)$$

Средний годовой прирост базового индекса за период от $t_{наст}$ и рассчитываем по формуле

$$\dots \quad (3.33)$$

Сопоставив $\&I_{np}$ и $кИб_{уд}$ находим продолжительность инновационного цикла в будущем периоде

$$T_{обн.буд.} = \frac{обн. пр. / ДИ_{буд.}}{I_{уд.}} \quad (3.34)$$

Время опережения (отставания) рассчитываем с учетом полученного изменения базового индекса в будущем периоде по формуле

$$T_{оп(отп)} = \frac{I_{уд.}}{I_{уд.}} \quad (3.35)$$

Этот показатель позволяет судить о соответствии рассматриваемых локомотивов мировым достижениям в области локомотивостроения.

По временным показателям технического уровня определим эффективные сроки производства новых локомотивов с достигнутым при их разработке Тех.Ур по формуле

$$T_{эф. пр.} = T_{обн.} + \frac{m - m_{(оп) нач.}}{I_{уд.}} \quad (3.36)$$

Планируемый срок производства локомотивов или их модернизации зависит во многом от сложившихся условий и специфики производства. В расчете экономической эффективности проектируемого локомотива величина $T_{эф}$ позволяет учесть продолжительность ее эффективного производства. Тацзм образом, появляется возможность выбрать определенную стратегию планирования производства локомотивов.

Полезной динамической характеристикой Тех.Ур является коэффициент технической прогрессивности

$$k, \dots = T, \phi^{IT} < \wedge \quad (3.37)$$

Этот показатель характеризует жизнеспособность локомотива и соответствует той части расчетного периода обновления, в течение которого выпуск локомотивов с определенным Тех.Ур эффективен. При разработке и постановке на производство новых маневровых тепловозов этот показатель должен быть не меньше единицы, т.е. он представляет собой, по сути, норматив, в соответствии с которым должно приниматься решение о целесообразности разработки и постановки их на производство.

3.5. Программный комплекс обработки информации по маневровым локомотивам

На железных дорогах Украины и за рубежом широко проводятся работы, связанные с автоматизацией моделирования расчетов узлов локомотива, обработки статистической информации о показателях надежности и экономичности локомотивов. На их основании изданы ряд руководящих указаний, которые направлены на упорядочение работ по расчету показателей, предполагают создание единых методов сбора и обработки информации.

В настоящее время существуют большие трудности со сбором и анализом как технических данных по различным типам маневровых локомотивов, так и статистических, позволяющих оценить надежность локомотива в эксплуатации. Особенно большие трудности возникают со сбором данных по зарубежным локомотивам. К этому же необходимо учесть и неоднородность информации как в зарубежной, так и отечественной литературе.

Значительно уменьшить трудоемкость такого анализа возможно за счет внедрения электронно-вычислительной техники, современных программных средств, позволяющих произвести наиболее полную обработку имеющей информации со значительной экономией времени и с минимальным участием конструктора, инженера или оператора.

Таким образом, необходимо создание программного комплекса, который имел бы БД по маневровым локомотивам. В ней должны накапливаться данные не только по техническим показателям, но и по эксплуатационным. В то же время этот программный комплекс должен давать возможность просчета основных технических показателей локомотива по известным методикам для выбора наиболее достоверных данных. В программном комплексе должны учитываться и вопросы надежности локомотива как на стадии разработки, так и в эксплуатации.

На основании приведенных выше рассуждений можно сформулировать некоторые общие требования к программному комплексу по сбору и обработке информации по маневровым локомотивам:

1. Программный комплекс должен иметь обширную БД, в которой были бы сведения о технических параметрах локомотивов и статистическая информация об эксплуатационной работе конкретных серий локомотивов.

2. Для удобства работы БД должна иметь иерархическую структуру, т.е. она должна быть разделена на две основные группы: технические характеристики локомотивов и статистическая информация об их эксплуатационной работе, которые в свою очередь делятся на еще несколько БД.

3. Программный комплекс должен иметь возможность просчета параметров узлов локомотива для решения спорных вопросов о выборе правильного значения параметра.

4. При обработке статистических данных эксплуатации необходимо проверять их на представительность выборки, организации контроля информации на однородность и исключения ошибочных данных.

5. Результаты расчетов желательно формировать в виде таблиц, а для лучшей наглядности (особенно при обработке статистических данных эксплуатации) в виде графиков и диаграмм.

Обработка информации по техническим данным локомотивов для решения названных задач должна производиться для каждой серии в отдельности. А статистическая обработка эксплуатационных данных должна кроме того производиться начиная от УЗ в целом и дорог и заканчивая группами и отдельными локомотивами.

Для уменьшения трудоемкости работ и повышения скорости обработки информации со сложной структурой целесообразно применять не только быстродействующие машины, но и правильно и рационально организовать базу данных [1, 34, 58, 82]. БД представляет собой хранилище данных, предназначенных для совместного использования, т.е. совокупность взаимосвязанных, хранящихся вместе данных, которые можно редактировать, модифицировать, использовать в различных программах с помощью специальных средств управления. Каждая БД содержит программный механизм, который именуется системой управления базами данных (СУБД) и управляет хранением и поиском данных. При этом любая БД выполняет две основные функции: группирование данных по информационным объектам и отношениям и представление данных пользователю [1, 34].

Наиболее удобным представлением взаимосвязи между данными является двумерная таблица. Каждая строка таблицы представляет собой одну запись БД (или файла данных), а каждый столбец - одно поле записей. Такая таблица, лежащая в основе реляционной базы данных с точки

зрения хранения и обработки информации обладает рядом важных свойств:

1) каждый элемент таблицы (пересечение строки со столбцом) представляет собой один элемент данных любого типа; /

2) все столбцы однородны;

3) столбцам присваиваются однозначные имена;

4) в таблице нет двух одинаковых строк;

5) при выполнении операций с таблицей ее строки и столбцы можно обрабатывать в любом порядке, не учитывая их информационное содержание.

Реляционные таблицы определяются как набор данных, каждая из которых моделирует определенный объект и содержит некоторые ключевые поля, общие с другими таблицами. С помощью этих полей организуется реляционная связь между таблицами БД. Реляционная модель БД превосходит другие модели в эффективности хранения, организации и представления данных, которые могут иметь различную природу, но определенным образом связанных между собой. Особенно это хорошо реализовано в СУБД Microsoft Access7.0, которая использует реляционную модель для своей системы управления БД. К моментам, определяющим эффективность реляционной СУБД Microsoft Access7.0 можно отнести:

- легкая адаптация к будущим изменениям в соответствии с потребностями приложения;

- структура таблиц и приложений прозрачна для пользователя;

- имеется приятный интерфейс и обеспечивается экономный расход дискового пространства;

- таблицы интегрируются в другие формы БД и наоборот [91,

В то же время эта СУБД удовлетворяет и основные требования, предъявляемые к БД, т.е. она является достаточно гибкой с одной стороны и логически и методически понятной с другой стороны.

Проведенный анализ обусловил выбор реляционной СУБД Microsoft Access?.О для хранения статистической информации, а также информации больших объемов.

Но для лучшей наглядности и анализа желательно использовать таблицы, для которых свойства 2,3,4 реляционных таблиц могут не выполняться. К таким таблицам относятся электронные таблицы Excel. В данном случае был использован программный продукт Excel?.О фирмы Microsoft, который ориентирован на вычислительные ресурсы 32-разрядных ЭВМ, располагающих оперативной памятью объемом не менее 16МБ. Ячейки этой электронной таблицы представляют собой пересечение рядов и столбцов и могут содержать данные любого типа. Столбцы в электронных таблицах обозначаются буквами, а строки - цифрами. Набор таблиц составляют рабочую книгу со многими страницами (таблицами). Каждая электронная таблица может иметь 16384 ряда и 256 столбцов. В рабочей книге может быть до 255 электронных таблиц [34]. Одним из путей увеличения указанной рабочей емкости является организация связей между таблицами и книгами. Программный продукт Excel7.0 является русифицированной версией и поддерживает форматы других электронных таблиц и СУБД, например dBase2, dBase3, dBase3+, FoxPro, Paradox, Accesses2.0, Accesses7.0.

Программный продукт Excel7.0 представляет большие возможности пользователю в совместной работе и обмене данными с СУБД Accesses7.0, что осуществляется посредством механизма drag and drop.

С использованием Microsoft Excel?.О были сформированы БД по техническим показателям локомотивов, а с использованием Microsoft Ac-

sses7.0 были сформированы БД для хранения статистических данных эксплуатации.

Для программного комплекса «ПК маневровый локомотив» необходима операционная система Microsoft Windows 95 и приложения Microsoft Excel7.0 и Microsoft Access7.0. Сам программный комплекс занимает около 2МБ (без учета баз данных) дискового пространства, и должен базироваться на одной персональной ЭВМ типа АТ не ниже 486DX4-100 с оперативной памятью ОЗУ не менее 16МБ, объемом памяти на внешнем носителе не менее 270 МБ, видеокартой SVGA 1024 Кб, монитором VGA или SVGA не менее 14".

При построении алгоритма программного комплекса были использованы следующие допущения и требования:

1. При выборе построения типа БД необходимо руководствоваться размерами хранящейся в ней информации. Если объем количества информации будет находиться в пределах до 1000, то предпочтительно применять электронные таблицы Excel7.0. Это позволит более наглядно представлять и анализировать исходную информацию. При большем объеме информации необходимо хранить данные в реляционной БД программного продукта Access7.0. Это ускорит скорость обработки информации, но в то же время потребует более четкого представления данных, отвечающих реляционным БД;
2. Значение осевой нагрузки определяется как отношение массы локомотива к количеству осей;
3. Ресурс дизеля рассчитывается как отношение диаметра поршня к квадрату скорости поршня и эффективному давлению;
4. Время работы на маневровых операциях рассчитывается по разработанной подпрограмме «Т_ маневровых_ операциях», алгоритм которой приведен в прил.Г;

5. Значение удельного расхода топлива берется на номинальном режиме;
6. При отсутствии данных по каким-то не было параметрам, ячейки не заполняются;
7. Изменения параметров при модернизации локомотивов не учитываются (или вводится новая строка с указанием на модернизацию локомотива и вводом новых значений параметров);
8. Коэффициент использования мощности при маневрах рассчитывается как отношение веса локомотива к его мощности умноженному на поправочный коэффициент, учитывающий количество осей, тип передачи и подвешивания локомотива;

В качестве исходной информации для расчетов в программном комплексе используется информация, содержащаяся в сформированных БД. Структура БД обеспечивает реализацию возможностей программирования, как СУБД, так и электронных таблиц. Структура БД «Основные характеристики локомотивов», используемой для расчетов технического уровня разработана в среде Microsoft Excel17.0 и приведена в прил Г.

Сам программный комплекс предназначен для анализа и расчетов параметров маневровых локомотивов как конструкционных, так и эксплуатационных. Он может использоваться как конструкторами и инженерами, так и студентами, а также для совершенствования профессиональной подготовки специалистов в этой области.

Головная программа обеспечивает семь режимов работы программного комплекса (рис. 3.4). При этом каждому режиму соответствует свой комплекс подпрограмм. В зависимости от цели исследования и выбранного режима головной программой осуществляется обращение к соответствующему комплексу подпрограмм. После отработки выбранной подпрограммы возможен возврат в головную программу, последующая работа в

выбранной программе или выход с одновременным закрытием открытых программ.

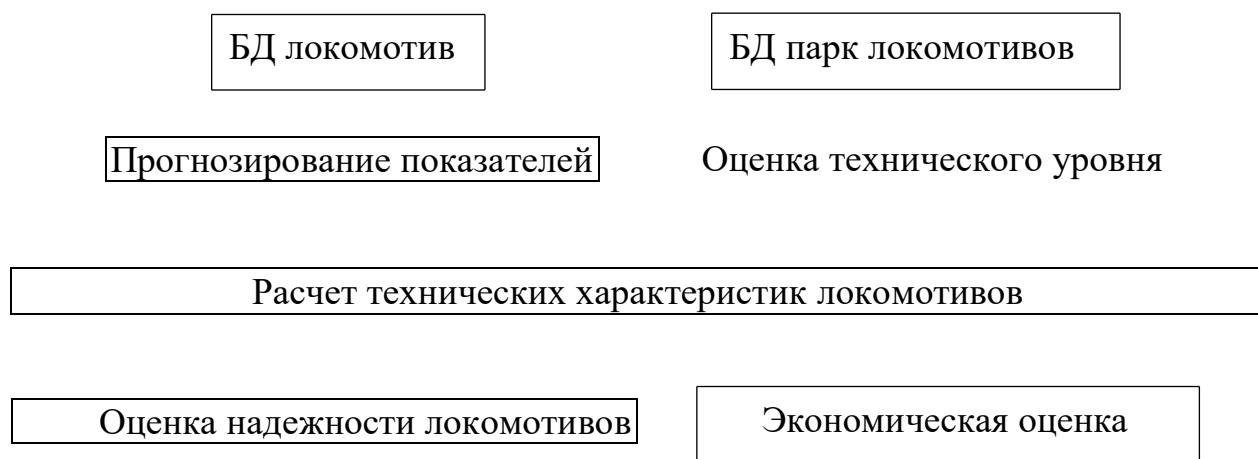


Рис. 3.4. Структура программного комплексу «ПК маневровый локомотив»

Подпрограмма «БД маневровых локомотивов» (рис. 3.5) представляет собой БД по техническим показателям и параметрам маневровых локомотивов, необходимых для различных технических расчетов. БД находится в файле «БД маневровых локомотивов. XLS» В ее состав входят шесть основных баз данных, каждая из которых находится на отдельном листе. Это такие базы данных:

- основные характеристики локомотивов;
- характеристики локомотивных энергетических установок;
- системы тепловозов;
- характеристики передачи тепловозов;
- характеристики экипажной части локомотивов;
- массы основных узлов локомотива

Возможны несколько вариантов ввода данных в БД и их просмотра. Это специально разработанные вспомогательные подпрограммы а также специальные возможности самого продукта Exce17.0.

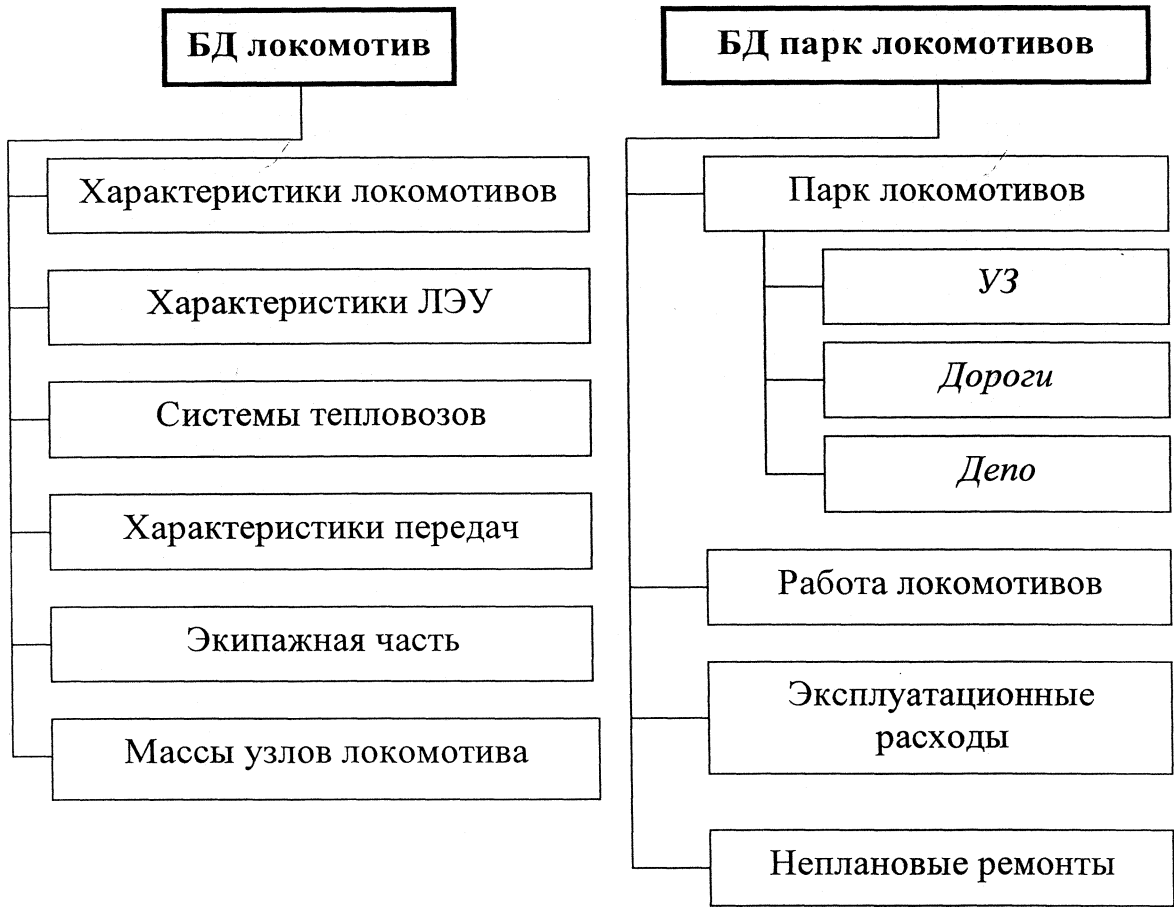


Рис. 3.5. Структура баз данных программного комплексу «ПК маневровый локомотив»

Подпрограмма «Парк локомотивов» предназначена для ввода, анализа и последующего использования данных по работе локомотивов в эксплуатации и представляет собой комплекс БД, разработанных в зависимости от объема информации в Excel7.0 или Access7.0. Основными БД этой подпрограммы являются: парк локомотивов (по УЗ, дорогам, депо); работа локомотивов; эксплуатационные расходы; БД по неплановым ремонтам.

Подпрограмма «Прогноз параметров локомотива» (рис.3.6) предназначена для прогнозирования параметров маневровых локомотивов по их удельным значениям, а также проверки на достоверность с определенной

вероятностью (не более 0,05%) рассматриваемых локомотивов. Алгоритм этой подпрограммы представлен в прил. Г.

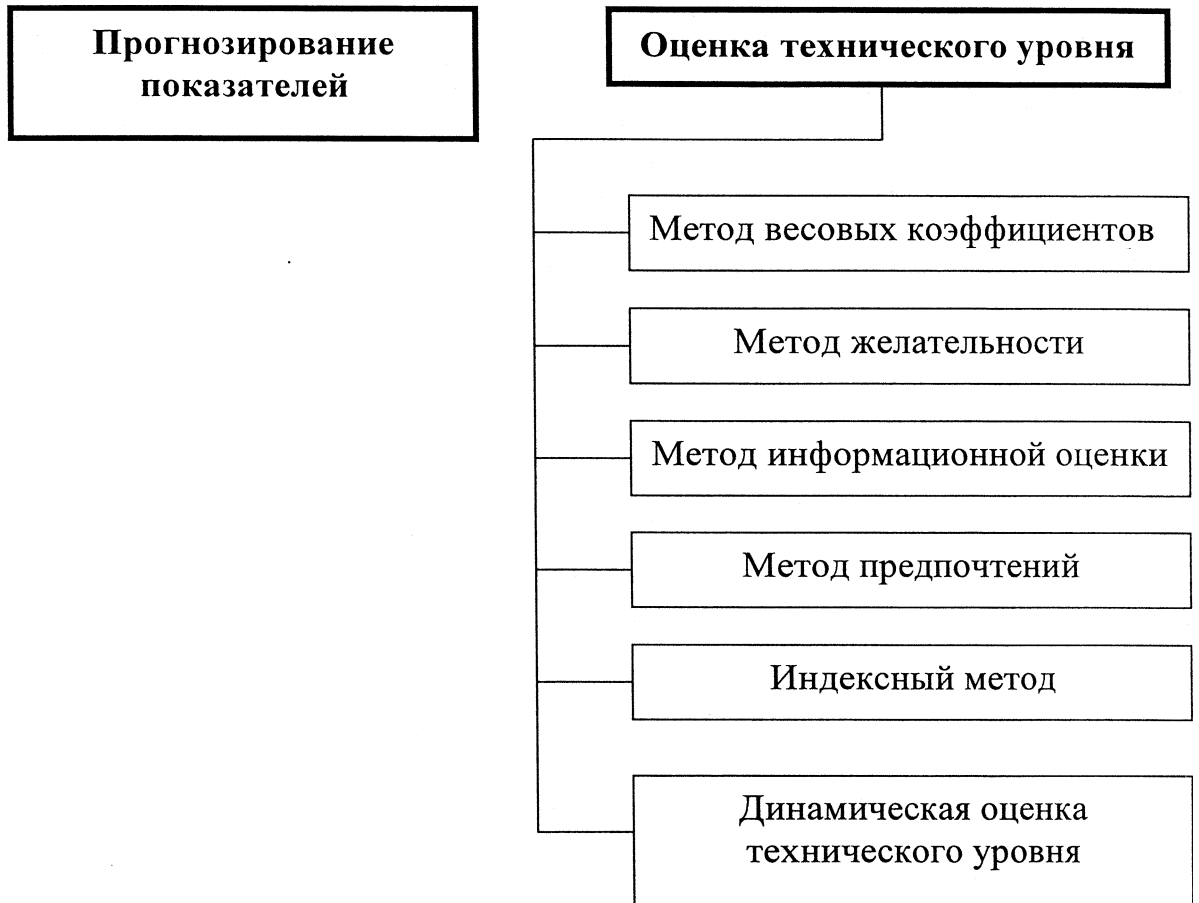


Рис. 3.6. Структура расчетных программ комплексу «ПК маневровый локомотив»

Подпрограмма «Технический уровень маневровых локомотивов» предназначена для определения технического уровня маневровых локомотивов по выбранным основным техническим показателям. Расчет технического уровня можно проводить как отдельно по выбранному методу, так и по всем ранее разработанным методам одновременно. В подпрограмме представлены следующие методики определения коэффициента технического уровня:

- 1) определение Тех. Ур. методом весовых коэффициентов;
- 2) определение Тех. Ур. с использованием функции желательности;
- 3) определение Тех. Ур. с использованием информационной оценки;
- 4) определение Тех. Ур. методом предпочтений;
- 5) определение Тех. Ур. индексным методом;
- 6) динамическая оценка Тех. Ур.

Расчет по каждой методике представлен на отдельном листе с соответствующим названием. Основной является методика определения Тех. Ур. индексным методом. Расчеты самих значений на каждом листе ведутся с использованием свойств самих электронных таблиц. Но кроме того разработаны подпрограммы на Visual Basic для расчета динамической оценки Тех. Ур. Начальные данные для расчетов берутся из БД «Основные характеристики локомотивов», находящейся в файле «БД маневровых локомотивов».

Программный комплекс включает в себя также вспомогательные подпрограммы (рис. 3.7), необходимые в ходе работы. Комплекс подпрограмм «Расчет параметров узлов локомотива» предназначен для расчетов параметров узлов локомотива при возникновении сомнений на счет достоверности значений показателей некоторых локомотивов, а также при решении других задач. Он состоит из четырех основных групп подпрограмм:

- 1) расчет параметров локомотива
 - расчет параметров локомотива в целом;
 - расчет показателей при маневровых операциях.
- 2) расчет ЛЭУ и ее систем
 - расчет дизеля;
 - расчет водяной системы;
 - расчет масляной системы
- 3) расчет экипажной части локомотива;

- 4) расчет передачи локомотива
- расчет передачи в целом;
 - расчет тягового генератора;
 - расчет тягового электродвигателя.

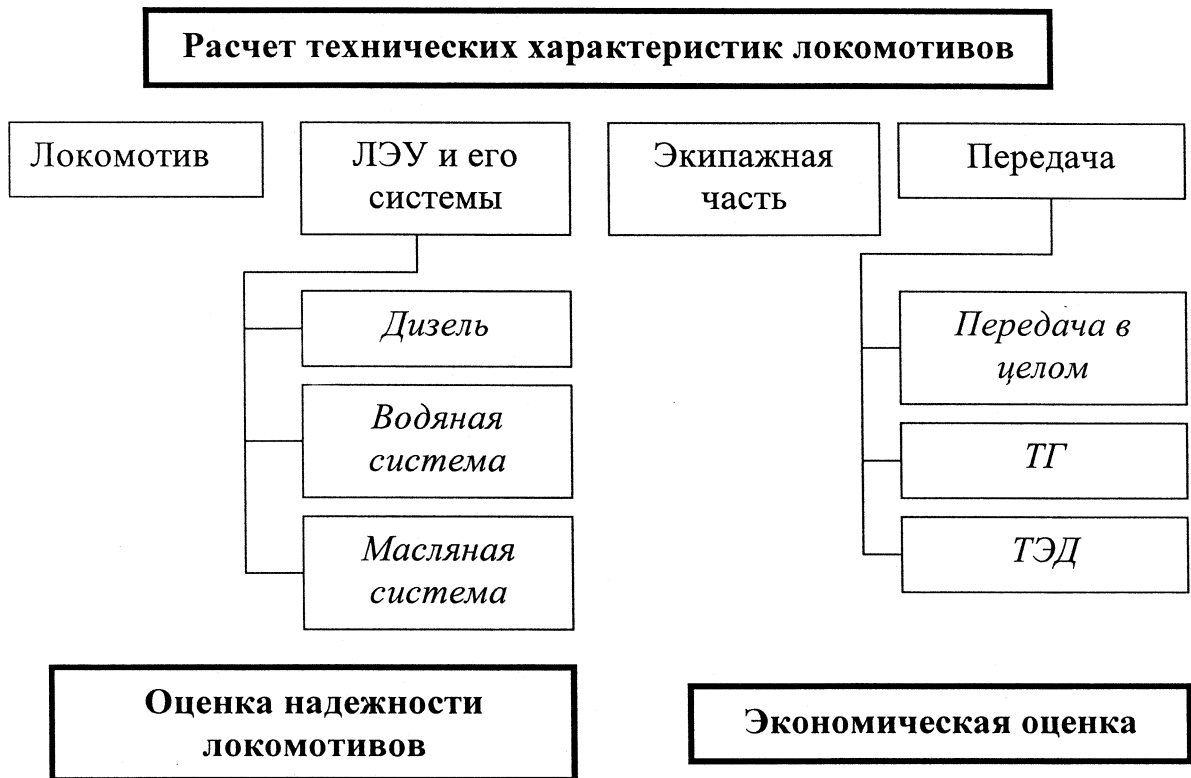


Рис. 3.7. Структура вспомогательных программ комплексу «ПК маневровый локомотив»

Подпрограммы расчетов каждой подгруппы находятся в отдельных файлах, что дает возможность их использования отдельно от программного комплекса.

Комплекс подпрограмм «Надежность локомотива» частично описан в [27, 38] и состоит из двух основных групп подпрограмм:

первая группа - определение надежности локомотива на стадии проектирования;

вторая группа - определение показателей надежности локомотива в эксплуатации.

Подпрограмма «Экономический эффект» предназначена для определения экономического эффекта при модернизации локомотивов. Она учитывает получение экономического эффекта за счет следующих мероприятий:

- 1) экономия за счет отказа покупки по импорту;
- 2) экономия за счет уменьшения эксплуатационного расхода топлива;
- 3) экономия за счет увеличения надежности локомотива;
- 4) экономия за счет уменьшения социально-экологических расходов.

ГЛАВА 4

РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ

Основными маневровыми тепловозами с электрической передачей, эксплуатирующихся на железных дорогах Украины являются ЧМЭ2, ЧМЭ3, ЧМЭ5, ТЭМ1, ТЭМ2. При этом, согласно данным УЗ на 01.11.1997г. маневровые тепловозы ЧМЭ3 занимают 97% парка маневровых локомотивов или 47% всего парка тепловозов Украины. Учитывая, что эти локомотивы импортного производства и их ремонт потребует больших валютных вложений, то модернизация его отечественным дизелем (приблизительно 40% от стоимости тепловоза) приобретает особое место. Поэтому большое внимание уделено определению технического уровня модернизированного тепловоза ЧМЭ3 отечественной силовой установкой 9Д80 и нового отечественного проектируемого маневрово-вывозного тепловоза ТЭМ101.

4.1. Основные характеристики проектируемого маневрового тепловоза ТЭМ101 и модернизированного тепловоза ЧМЭ3

Маневровый тепловоз ТЭМ101 мощностью 1176 кВт с электрической передачей переменного-постоянного тока предназначен для выполнения маневровой и вывозной работы на железных дорогах Украины. Он превосходит применяющиеся в настоящее время маневровые тепловозы ТЭМ2, ЧМЭ3 не только по мощности, силе тяги и топливной экономичности, но и имеет сниженный расход смазочных материалов, увеличен ресурс до капитального ремонта и периодичность обслуживания и текущих ремонтов. На нем применена более прогрессивная передача переменного-

постоянного тока, электрический тормоз, автоматизированная система управления и диагностики, что позволяет повысить вес перевозимых составов, производительность тепловоза, снизить затраты на горюче-смазочные материалы, обслуживание и ремонт тепловоза, улучшить условия труда локомотивных бригад. Основные технические параметры маневрового тепловоза представлены в табл.4.1.

Силовая установка и вспомогательное оборудование тепловоза смонтировано на главной раме. В качестве силовой установки на тепловозе применен дизель-генератор, состоящий из дизеля 10Д80 и синхронного генератора, установленных на общей раме и соединенных пластиковой муфтой. Для пуска дизеля применен стартер-генератор типа 2ПСГ-02 при работе его в режиме электродвигателя постоянного тока с питанием от аккумуляторной батареи.

Для создания потока воздуха через охлаждающие секции применено шестилопастное вентиляторное колесо типа ЦАГИ серии УК-2М диаметром 1600 мм. Привод его осуществляется от асинхронного электродвигателя.

Забор воздуха для дизеля осуществляется снаружи тепловоза или из машинного помещения через блоки унифицированных воздухоочистителей типа УТВ, обеспечивающих эффективную очистку от пыли (98,3-98,5).

Отработавшие газы дизеля выбрасываются в атмосферу через выпускную систему эжекционного типа.

Для охлаждения тяговых электродвигателей, выпрямительной установки, управляемого выпрямителя возбуждения и наддува высоковольтной камеры на тепловозе применена система централизованного воздухообеспечения в отличие от устанавливаемых на большинстве существующих тепловозов индивидуальных вентиляторных установок для каждого агрегата или группы агрегатов.

Таблица 4.1 - Технические характеристики исследуемых локомотивов

Технические показатели	Серия локомотива		
	ТЭМ101	ЧМЭЗ(п)	ЧМЭЗ(б)
Мощность по дизелю, кВт	1176	993	993
Осевая формула	3о-3о	3о-3о	<u>3о-3р</u>
Конструкционная скорость, км/ч	100	95	95
Скорость длительного режима, км/ч	10,7	9,3	9,3
Служебная масса, т	120-135	123	123
Статическая нагрузка от колесной пары на рельс, кН	196-220,5	205	205
Касательная сила тяги длительного режима, кН	265	226	226
Максимальная касательная сила тяги при трогании с места при $\mu=0,3$ кН	353-397	362	362
Минимальный радиус горизонтальной кривой, м	80	80	80
Диаметр колес по кругу катания, мм	1050	1050	1050
Габаритные размеры, Длина по осям автосцепки, мм	17270	17220	17220
Ширина, мм	3080	3150	3150
Высота, мм	4460	4630	4630
Запас топлива, л	5300	6000	6000
Запас песка, кг	2000	1500	1500
Передача	переменно-постоянного тока	Постоянно-постоянного	постоянно-постоянного
Дизель	10Д80	9Д80	К6S310DR
Частота вращения коленчатого вала дизеля, об/мин	1000	750	750
Удельный расход топлива, г/кВтч	197,2	205	220
Расход топлива на холостом ходу при частоте вращения 350 об/мин, кг/ч	6,0	7,0	7,0
Удельный расход масла на угар, г/кВтч	1,09	1,5	5,0
Масса сухого дизеля, кг	12800		13400
Тяговый электродвигатель	ЭД133	ТЕ-006	ТЕ-006

Системы централизованного воздухообеспечения состоят из вентиляторной установки и блока фильтров, а также воздухопроводов в главной раме тепловоза. Вентиляторная установка выполнена на базе центробежного

вентилятора. Он приводится во вращение от вала тягового генератора через конический редуктор. Вентилятор засасывает воздух снаружи кузова через открывающиеся жалюзи и блок фильтров и нагнетает его к потребителям по воздуховодам. Блок фильтров включает в себя унифицированные проволочные пакеты с многослойной капроновой набивкой, обеспечивающие высокую степень очистки воздуха от пыли.

Источником сжатого воздуха является компрессор ПК-5,25, который расположен за холодильником, подальше от кабины машиниста из-за его большого шума.

Кузов тепловоза капотного типа, включает в себя кабину машиниста, кузов высоковольтной камеры, кузов машинного отделения, кузов холодильной установки и компрессорного отделения.

Кузов высоковольтной и холодильной камер приварены к раме тепловоза, кабина машиниста и кузов машинного помещения - съемные. Последний крепится к раме болтами и имеет съемную крышку для выемки дизель-генератора, а также люки для выемки отдельных узлов и деталей дизеля. Вдоль наклонной части крышки расположены жалюзи с установленными против них внутри кузова сетчатыми съемными фильтрами для очистки воздуха, поступающего в машинное помещение.

Кабина машиниста установлена на резинометаллических амортизаторах и отделена резиновыми уплотнениями от других частей кузова, что позволяет обеспечить требуемые нормы уровней шума и вибрации. В кабине машиниста расположен пульт управления, с которого ведется управление тепловозом и наблюдение за приборами, контролирующими работу силовой установки и электрооборудования. Кроме того имеется вспомогательный пульт, наличие которого вместе с системой бдительности и сигнализацией местонахождения машиниста в кабине, позволяет осуществлять управление тепловозом в одно лицо.

Дверь, соединяющая кабину с высоковольтной камерой, оборудована ограждением, имеющим блокировку, позволяющую входить в высоковольтную камеру при снятом напряжении тягового генератора.

Кроме того, в кабине машиниста установлены калорифер для обогрева кабины в зимнее время, шкафы для продуктов и одежды, бытовой холодильник, умывальник, привод ручного тормоза, сиденье машиниста-инструктора, кресла машиниста и помощника. Два вентилятора, установленные около лобовых окон кабины, служат в зимнее время для предохранения их от запотевания, а в летнее время используются для вентиляции кабины. Против кресел в пол кабины встроены обогреватели ног машиниста и помощника.

Главная рама тепловоза через роликовые опоры и винтовые пружины опирается на две трехосные тележки. Рама тележки опирается на бесчелюстные поводковые буксы через пружины первой ступени рессорного подвешивания.

На локомотиве применены тяговые электродвигатели типа ЭД 133. Тяговые двигатели имеют опорно-осевую подвеску. Ведомое зубчатое колесо тягового редуктора - с упругим венцом. Тяговое усилие от трехосных тележек на главную раму тепловоза - через шкворни, жестко закрепленные на главной раме, которые так же являются вертикальной осью вращения тележек относительно кузова.

Для улучшения использования веса при трогании с места и движении с низкими скоростями тепловоз оборудован двумя пневматическими догружателями, установленными над крайними колесными парами и воздействующие на переднюю по ходу движения.

Конструкция ходовой части обеспечивает вписывание тепловоза в кривые радиусом 80 м, а также прохождение неровностей профиля пути, в

том числе горба сортировочной горки, без значительного перераспределения нагрузок между осями.

Тепловоз оборудован воздушным автоматическим тормозом для торможения поезда, вспомогательным тормозом, действующим на колесные пары передней тележки.

Топливо на тепловозе размещается в баке, расположенном под главной рамой в середине тепловоза, в нишах которого располагаются аккумуляторные батареи.

Тепловоз оборудован радиостанцией, автоматической локомотивной сигнализацией, установкой пожаротушения и другими устройствами, облегчающими эксплуатацию и повышающими безопасность движения.

Рассмотрим технические характеристики модернизированного отечественным дизелем 9Д80 (6ЧН26/27) тепловоза ЧМЭЗ.

Расположение оборудования тепловоза ЧМЭЗ и его технические данные хорошо известны и описаны в [56]. Поэтому рассмотрим лишь изменения, связанные с модернизацией локомотива.

Локомотив предполагается модернизировать дизелем производства ПО «Завод им. Малышева» типа 9Д80 из мощностного ряда Д80. Рассмотрим компоновку дизеля на тепловозе.

Остов, на котором крепятся все узлы и агрегаты дизеля, представляет собой симметричную сварную конструкцию в виде двух блоков цилиндров, расположенных под углом 45° . Блоки сварены монолитно с картерной частью дизеля и подвесной системой подшипников коленчатого вала. Остов, имеет девять отсеков, образующих поперечными, продольными и наклонными стальными листами. Давление вспышки и инерционные силы кривошипно-шатунного механизма передаются на массивные жесткие крышки коренных подшипников, которые подвешены к бугелям анкерными болтами. Бугелям, приваренным к вертикальным поперечным местам

блока цилиндров, придана такая форма, при которой сварные швы работают в основном на срез.

Вертикальные поперечные листы образуют перегородки между отсеками остова (между цилиндрами) и выполнены из стали толщиной 14 мм. Эти листы воспринимают силовые нагрузки блока; в зоне цилиндров силовой поток разветвляется по двум несущим поясам. Боковые ребра, приваренные симметрично с двух сторон остова, увеличивают поперечную его жесткость.

Продольная жесткость остова обеспечивается продольными листами снаружи и в развале блока, верхними и нижними проволочными плитами и двумя картерами распределительных валов. Картеры коробочного сечения служат балками жесткости, приваренными симметрично справа и слева вдоль остова.

Силовые шпильки для крепления головок цилиндров вворачиваются в блоки, вваренные в поперечные вертикальные листы и верхнюю привалочную плиту.

В соответствии с подвесной конструкцией коленчатого вала, принятой на дизеле Д80, бугели, приваренные к вертикальным поперечным листом и скрепленные двумя болтами с крышками, образуют десять гнезд для коренных подшипников коленчатого вала. Плоскости разъема крышек и бугелей имеют треугольные щипцы, что надежно фиксирует подвеску от поперечных смещений и увеличивает жесткость опоры подшипника коленчатого вала.

Чтобы облегчить доступ к коренным опорам и деталям кривошипно-шатунного механизма, против каждой шатунной шейки имеется люк, а ось коленчатого вала расположена выше плоскости разъема блока и подмоторной рамы.

Пространство в развале блока, образованное продольными листами, используется как воздушный ресивер поддувочного воздуха. В стыке продольных листов разавала остова вварена толстостенная труба, служащая масляным коллектором системы охлаждения поршней.

Верхние плиты и средние продольные листы имеют расточки, образующие опорные пояса для установки гильз цилиндров, а картеры распределительных валов - расточки для установки толкателей привода клапанов и топливных насосов. Нижние горизонтальные листы служат плоскостями прилегания блока к поддизельной раме.

На переднем торце блока цилиндров сделан фланец, на который крепится коробка привода вспомогательных агрегатов дизеля. Здесь же размещены механизмы управления дизелем, Здесь же размещены механизмы управления дизелем, регулятор оборотов и мощности дизеля, а так же регулятор предельного числа оборотов.

На заднем торце блока находится отсек вертикальной передачи и привода распределительных валов, образованный вертикальными и горизонтальными листами. Верхние, средние и нижние горизонтальные листы отсека имеют расточки, образующие опорные пояса для корпусов вертикальной передачи. Верхняя плита отсека вертикальной передачи служит плоскостью крепления корпуса приводного вентилятора охлаждения генератора.

Рама дизеля, сваренная из стальных листов, жесткость рамы обеспечивается двумя продольными балками швеллерного профиля, верхние и нижние полки которых сварены с боковыми полосами. Верхние полки фрезеруются и служат привалочными плоскостями рамы к блоку. На нижние устанавливаются дизель-генератор.

Полки продольных балок связаны двумя выгнутыми листами, которые вместе образуют корытообразный поддон маслосборника.

Последний разделен продольной перегородкой на две полости: левую - для холодного масла и правую - для горячего. Левая полость закрыта сверху щитами, чтобы исключить попадание горячего масла с гильз цилиндров и подшипников коленчатого вала, правая полость закрыта пеногасящими сетками.

В раме встроен маслоотстойник, имеющий снизу отверстие для слива масла, а также отсек масляных фильтров грубой очистки, который расположен у торца левой стороны дизеля.

С правой дизеля на фланце монтируется фильтр тонкой очистки масла. Этот фильтр работает на центробежном принципе и регенерирует примерно 20% масла, заливаемого в маслосборник поддизельной рамы.

Крепление рамы дизеля к раме тепловоза полуупругое с помощью подпружиненных болтов.

Имея близкие мощностные и массогабаритные характеристики, эти дизели имеют существенные различия в конструкции объединенного регулятора частоты вращения и мощности, способах и устройствах дистанционного управления частотой вращения вала дизеля, пуска, а также защиты. Эти различия определили соответствующие изменения в электрической схеме тепловоза. Проведенная модернизация схемы максимально учитывает следующие требования:

- управление режимами работы локомотива, контроль параметров, сигнализация о срабатывании защиты осуществляется штатными органами управления, контрольно-измерительным комплектом и устройствами сигнализации тепловоза ЧМЭЗ без изменения штатного алгоритма работы машиниста по управлению тепловозом;

- максимальное использование установленного на тепловозе оборудования при минимальном количестве дополнительного оборудования.

4.2. Определение технического уровня маневровых локомотивов

Технический уровень маневровых локомотивов будем определять индексным методом по методике, разработанной во 3-й главе данной диссертации.

Целью нашего определения технического уровня является нахождение места проектируемого тепловоза ТЭМ101 и модернизированного отечественным дизелем и некоторым другим оборудованием ЧМЭЗ среди лучших мировых маневровых локомотивов и целесообразность их внедрения в производство с технической стороны.

4.2.1. Выбор номенклатуры показателей локомотива

Выбор номенклатуры технических параметров маневровых тепловозов будем производить по методике, разработанной во второй главе, результаты которых представлены в табл.2.3 и табл.2.4.

По табл. 17 [16] для выбранных 11 основных параметров по критерию регулярности предполагаемая точность прогнозирования технического уровня будет находиться в пределах 0,02 4- 0,05.

4.2.2. Определение рациональности и иррациональности параметров

Отнесение параметров к рациональной или иррациональной категории производился по семантике (наименованию) параметра. Результаты оценки рациональных и иррациональных параметров представлены в /
табл.4.2. /

Таблица 4.2. - Вид рациональности показателя

Наименование показателя	Вид параметра
1) масса тепловоза, т	рац
2) скорость длительного режима, км/ч	иррац
3) конструкционная скорость, км/ч	рац
4) мощность локомотива по дизелю, кВт	рац
5) сила тяги длительного режима, кН	рац
6) удельный расход топлива, г/кВтч	иррац
7) осевая нагрузка, кН	иррац
8) общий ресурс до капитального ремонта и другие гарантии как показатели надежности локомотива	рац
9) длина локомотива по осям автосцепки, м	иррац
10) объем локомотива, м ³	иррац
11) минимальный радиус проходимых кривых, м	иррац
12) коэффициент мощности при маневровой работе	рац

Примечание: рац. - рациональный параметр;

иррац - иррациональный параметр.

4.2.3. Проверка достоверности параметров исследуемых локомотивов

Прежде чем приступить к определению технического уровня проверим значения параметров маневровых тепловозов ТЭМ101 и ЧМЭЗ(9Д80) на достоверность.

Рассматриваемые локомотивы по критериям удельной силы тяги и коэффициенту тяги относятся к 3 группе. Прогнозируемые значения параметров локомотивов рассчитываем по формулам (3.1-3.20), а результаты расчетов заносим в табл.4.3, 4.4.

Доверительный интервал нахождения параметра рассчитан с вероятностью $\alpha=0,05$

Таблица 4.3 - Расчет достоверности параметров локомотива ТЭМ101

Наименование показателя	Размерность	Значение исследуемого локомотива	Прогнозируемое	min значение (-5%)	max значение (+5%)	Отклонение от прогноз, значения
Мощность	кВт	1176				
Сила тяги длительная	кН	265	252,84	240,198	265,482	4,59
Сцепной вес	т	135	124,3754	118,157	130,594	7,87
Скорость конструкц.	км/ч	100	110,96176	105,414	116,51	-10,96
Скорость дл. режима	км/ч	10,7	10,8338	10,2921	11,3755	-1,25
Уд. расход топлива	г/кВтч	197	260,7896	247,75	273,829	-32,38
Осевая нагрузка	т/ось	22,5	22,4802	21,3562	23,6042	0,09
Ресурс локомотива		0,411	0,4485048	0,42608	0,47093	-9,13
Длина локомотива	м	17,27	17,4986	16,6237	18,3735	-1,32
Объем локомотива	м ³	237,2	236,798	224,958	248,638	0,17
min радиус проход, кр.	м	80	81,99	77,8905	86,0895	-2,49

Таблица 4.4. - Расчет достоверности параметров локомотива ЧМЭЗ (9Д80)

Наименование показателя	Размерность	Значение исследуемого локомотива	Прогнозируемое	min значение (-5%)	max значение (+5%)	Отклонение от прогноз, значения
Мощность	кВт	993				
Сила тяги длительная	кН	226	213,495	202,8203	224,1698	5,53
Сцепной вес	т	123	112,0412	106,4391	117,6433	8,91
Скорость констр.кц.	км/ч	100	105,0984	99,84352	110,3534	-5,10
Скорость дл. режима	км/ч	9,3	10,82465	10,28342	11,36588	-16,39
Уд. расход топлива	г/кВтч	220	255,629	242,8476	268,4105	-16,20
Осевая нагрузка	т/ось	20,5	21,3456	20,27832	22,41288	-4,12
Ресурс локомотива	—	0,385	0,49129	0,466726	0,515855	-27,61
Длина локомотива	м	17,22	16,2725	15,45888	17,08613	5,50
Объем локомотива	м3	251,1	214,472	203,7484	225,1956	14,59
min радиус проход, кр.	м	80	74,69745	70,96258	78,43232	6,63

Из сделанных расчетов видно, что все паспортные значения рассматриваемых локомотивов с вероятностью не менее 90% являются достоверными.

4.2.4. Расчет коэффициента замещения параметров технического уровня маневровых локомотивов.

Основными показателями, характеризующими работу маневровых локомотивов являются:

- а) для маневровой работы - лок*час;
- б) для вывозной работы - т км брутто.

Коэффициент замещения для параметров локомотива, характеризующих изменение объема выполняемых работ рассчитываем по формуле

$$\frac{A_{Эи(в/л)} \cdot J}{n(в/л) \cdot J} \quad (4.1)$$

где $A_{Эи(в/л)}$ прирост полезного эффекта за счет увеличения объема выполняемой работы (увеличение перевозки на 1ткм брутто или работы локомотивов на маневрах на 1 лок*час, грн;

A_{7-} , - изменение z-го параметра при изменении выполненной работы на 1 ткм брутто или 1 лок* час;

$A_{р7-}$ изменение 7-го параметра при изменении выполненной работы на 1 ткм брутто или 1 лок*час;

j - показатель объема полезной работы производимой в единицу времени.

Для маневровых тепловозов полезной работой, производимой в единицу времени будем считать касательную мощность, которая рассчитывается по формуле

$$N_k = 367,3 \cdot v \quad (4.2)$$

где F - сила тяги, кН;

v - скорость локомотива, км/ч.

Согласно данным Укразализныци [47] на 01.01.1997 г. стоимость 1 ткм брутто в среднем по Украине 0,044 коп., а расходная ставка 1 лок*час 47,818грн.

Следовательно, прирост полезного эффекта от увеличения объема работы маневровых тепловозов в вывозной работе на 1 ткм брутто составит 0,044коп., а в маневровой работе на лок*час 47,818 грн, т.е. $A = 47,818$ грн, $A_{\text{не}} = 0,044$ коп.

Рассмотрим изменения параметров локомотива при изменении объема работы на некоторую величину AQI для вывозной работы и на АМ/ для маневровой работы.

Вывозная работа маневровых локомотивов.

Максимальный вес локомотив может перемещать при реализации силы тяги длительного режима. Согласно статистической обработки параметров локомотива скорость длительного режима маневровых тепловозов 3 группы составляет 10,82 км/ч. Определим необходимое приращение касательной мощности для увеличения выполняемой работы на $AQI = 1$ ткм бр.

Для увеличения перевоза груза весом 1т на расстояние 1 км необходимо выполнить дополнительно работу DA

$$A_l = A_Q l, \quad (4.3)$$

где A_Q - увеличение перевозимого веса, т;

l - расстояние, на который перевозится груз.

С другой стороны выполненная работа запишется в виде

$$A_l = A_7 V_k \cdot t, \quad (4.4)$$

где $A_7 V_k$ - приращение касательной мощности локомотива, кВт;

t - время, на протяжении которого выполняется работа, час.

Поскольку $t = l / V$, тогда

$$A_l = \frac{A_N \cdot l}{v} \quad (4.5)$$

Приравнивая правые части уравнений (4.3) и (4.5) получим

$$A_Q l = \frac{b N \cdot l}{V} \quad (4.6)$$

Приращение касательной силы тяги при этом будет рассчитываться по формуле

$$A_N = \frac{A_Q V}{b} \quad (4.7)$$

$$A_N = \frac{1000 - 9,8}{3} = 3,27 \text{ (кВт)}$$

Согласно [47] и статистической обработки паспортных характеристик маневровых тепловозов коэффициент передачи мощности для рассматриваемых локомотивов равняется 0,782. Тогда прирост эффективной мощности дизеля рассчитывается по формуле

$$N_{\text{пер}} \quad (4.8)$$

где $\eta_{\text{пер}}$ - коэффициент передачи мощности;

$$N_{\text{е}} = 3,27 / 0,782 = 4,18 \text{ (кВт)}$$

При изменении мощности на kN к сила тяги при постоянной скорости изменится на kF_m

$$F_{\text{л}} = \sqrt{\frac{bN_k}{k}} \quad \langle 4-9 \rangle$$

$$F_{\text{л}} = 3,27 / 3 \approx 1,09 \text{ (кН)}$$

Увеличение силы тяги на величину kF_m возможно достичь за счет увеличения веса локомотива на величину $kP_{\text{л}}$, что следует из формулы

$$F_{\text{л}} \quad (4.10)$$

сц

где $(\rho_{cy}$ - коэффициент сцепления.

$$\rho_{cy} = 0,25 + \frac{8}{100 + 20v} \quad (4.П)$$

При средней скорости длительного режима 10,82 км/ч коэффициент сцепления будет равен 0,275. А увеличения веса локомотива согласно формулы (4.10) будет равняться

$$\bar{P}_л = 1,09 / 0,275 = 3,9 \text{ (кН)}$$

Изменение осевой нагрузки при этом будет зависеть от осевой формулы локомотива. Для 4-х осных локомотивов $\bar{P}_{ось} = 0,975 \text{ кН}$, 6-ти осных $\bar{P}_{ось} = 0,650 \text{ кН}$ и 8-ми осных $\bar{P}_{ось} = 0,487 \text{ кН}$.

Увеличение касательной мощности возможно за счет увеличения скорости длительного режима при $\bar{F}'_{oo} = const$. Найдем приращение скорости необходимое для увеличения касательной мощности на величину ΔN_k . Средний сцепной вес локомотива во второй группе равен 100 т. Касательная мощность N_k , необходимая для перемещения рассчитывается по формуле

$$N_k = \frac{Fv}{\rho_{cy}} = 10000 \rho_{cy}^{-1} P_{ось} v \quad (4.12)$$

$$N_k = 1000 * 0,275 * 3 = 825000 \text{ (Вт)}$$

Приращение скорости находим из системы уравнений

$$\begin{aligned}
 N_{\infty} &= F - vJ3,6 \\
 \Delta v_{\infty} &= F - (v_{\infty} + Av_{\infty})/3,6
 \end{aligned}
 \tag{4.13}$$

решив которую получим

$$\Delta v_{\infty} = v \left(\frac{\Delta N_{\kappa}}{N_{\kappa}} \right)$$

$$Av_{\infty} = (3,27/825) * 10,82 = 0,043 \text{ (км/ч)}.$$

С другой стороны, при достаточной мощности локомотива увеличить выполняемую работу на величину ΔQI возможно за счет увеличения дальности перевозки груза, а при условии не увеличения времени на выполняемую работу за счет увеличения скорости.

При увеличении работы на $\Delta QI = 1 \text{ ткм бр}$ рассчитаем необходимое изменение скорости Δv_{κ} при той же касательной мощности решив систему уравнений

$$(Q + \Delta Q)I = N, \tag{4.15}$$

$$V + \Delta v_{\kappa}$$

$$\tag{4.16}$$

$$\Delta v_{\kappa} = (1 * 10,82) / 100 = 0,108 \text{ (км/ч)}.$$

Коэффициент замещения для параметров локомотива, характеризующих изменение эксплуатационных расходов рассчитываем по формуле

$$(4.17)$$

где Δg_e - прирост полезного эффекта за счет проведения k -го мероприятия.

Прирост экономического эффекта от уменьшения расхода топлива при уменьшении удельного расхода топлива на 1 г/кВтч за год рассчитываем по формуле

$$g_e \quad (4.18)$$

где Δg_e - изменение удельного расхода топлива, г/кВтч;

N_e - мощность, локомотива, кВт;

t - число часов работы в год локомотива, 5000ч;

C - цена 1 т дизельного топлива, грн.

k - коэффициент использования мощности (для маневровых локомотивов согласно [30] $k=0,16$).

При изменении Δg_e на 1 г/кВтч при мощности локомотива ЧМЭЗ, как наиболее распространенного на железных дорогах Украины, 993 кВт и цене 1 т дизельного топлива 350 грн. согласно формулы

(4.18) прирост экономического эффекта будет равняться 278,04 грн/год.

Согласно [101] удельный экономический эффект от уменьшения вредных выбросов составляет 1,48 грн/кВт при среднем уменьшении удельного расхода топлива на 20,0 г/кВтч. Тогда полный экономический эффект от уменьшения вредных выбросов при изменении удельного расхода топлива на 1 г/кВтч рассчитываем по формуле

$$\frac{\Delta \text{ГП}}{n(c/\text{экол})} = \frac{c/\text{экол} \cdot Ne}{XJ}, \quad (4.39)$$

$$\Delta \text{Э}_{(г,-)} = \frac{148 \cdot 993}{XJ} = 0,074 \cdot 993 \approx 73,48 (\text{грн} / (\text{г} / \text{кВтч})).$$

Поскольку основным параметром, характеризующим увеличение социально-экологического эффекта является удельный расход топлива, то суммарный экономический эффект от снижения удельного расхода топлива составит

$$\Delta \text{Э}_{(г)} = \Delta \text{Э}_{(г,-)} + \Delta \text{Э}_{(г,+)} \quad (4.20)$$

$$\Delta \text{Э}_{(г)} = 278,04 + 73,18 = 351,52 (\text{грн} / (\text{г} / \text{кВтч})).$$

Полезный эффект от уменьшения расходов на ТО и ТР точно определить невозможно. Поэтому коэффициент замещения определяем экспертным методом по формуле

$$K_{\text{за}} = \frac{A_{\text{р}}}{A_{\text{р},\text{н}}} \quad (4.21)$$

где D_{ry} - прирост y -го показателя качества, эквивалентное по эффекту приросту z -го показателя технического уровня, что соответствует равенству приростов их единичных полезных эффектов (ΔZ_{ni}). При этом полагаем, что коэффициенты замещения m_{ij} , определяемые данным соотношением, не зависят от значений показателей качества в диапазонах их изменений.

Коэффициент замещения для параметров локомотива, характеризующих применение маневровых локомотивов в неблагоприятных условиях рассчитываем по формуле (4.21).

Результаты расчетов представлены в прил. Д.

4.2.5. Выбор базового локомотива

Согласно требований, изложенных в пункте 3.2 данной диссертации, базовым локомотивом был выбран маневровый тепловоз чешского производства ЧМЭЗ.

4.2.6. Расчет коэффициента технического уровня маневровых локомотивов

Определение индексного показателя технического уровня будем вести по формуле (3.15). Для учета не только технического совершенства техники, но и затрат на ее создание применяется индекс технико-экономического уровня

$$(4.22)$$

где $I_{Ц}$ - индекс цены, рассчитываемый по формуле

$$I_{Ц} = \frac{C_i}{C_0} \quad (4.23)$$

где C_i - цена i -го локомотива, грн;

C_0 - цена базового локомотива, грн.

Результаты расчетов представлены в табл. 4.5, 4.6. Также был сделан прогноз технического уровня методом адаптивного прогнозирования (рис. 4.1, 4.2). Шаг прогнозирования, равный 20 годам, был получен в результате статистической обработки данных по локомотивам.

Таблица 4.5 - Расчет индексного показателя технического уровня маневровых локомотивов для вывозной работы

Серия локомотива	Страна-изготовитель	Ne, кВт	Иту	Тт/эу
ЧМЭЗ (К6S310DR)	Чехия	993	1,00	1,00
ЧМЭЗ (9Д80)	Украина	993	1,14	1,402
ТЭМ101 (10Д80)	Украина	1176	1,536	1,712
ТЭМ1 (2Д50)	Россия	741	0,916	0,884
ТЭМ2 (Д50)	Россия	882	0,980	1,389
D145 (ID365)	Италия	1030	1,321	1,530
DF5 (8L240)	Китай	1324	1,370	0,914

Таблица 4.6 - Расчет индексного показателя технического уровня маневровых локомотивов для маневровой работы

Серия локомотива	Страна-изготовитель	Ne, кВт	Иту	Тт/эу
1	2	3	4	5
ЧМЭЗ (К6S310DR)	Чехия	993	1,000	1,00
ЧМЭЗ (9Д80)	Украина	993	1,150	1,455
ТЭМ101 (10Д80)	Украина	1176	1,315	1,564

Продолжение табл. 4.6

1	2	3	4	5
ТЭМ1 (2Д50)	Россия	741	0,815	1,375
ТЭМ2 (Д50)	Россия	882	0,860	1,157
D145 (ID365)	Италия	1030	1,215	1,167
DF5 (8L240)	Китай	1324	1,330	1,694

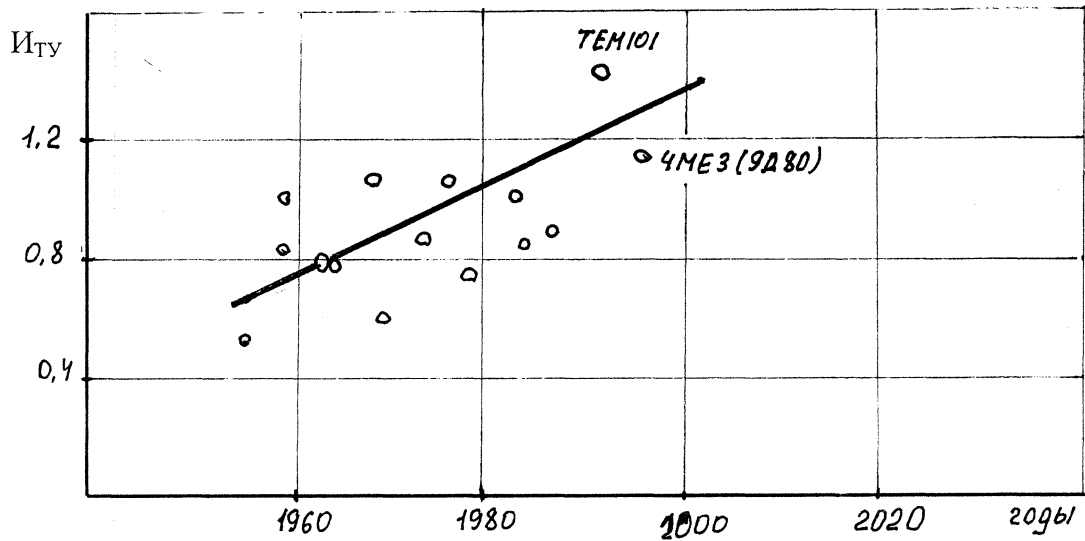


Рис. 4.1. Зависимость коэффициента технического уровня от года постройки для вывозной работы

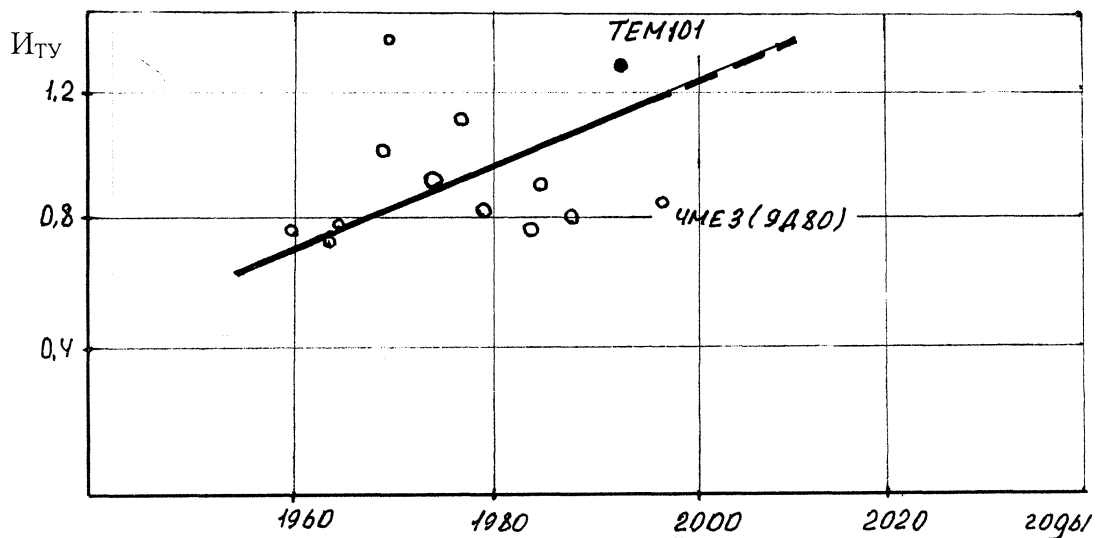


Рис. 4.2. Зависимость коэффициента технического уровня от года постройки для маневровой работы

4.3. Динамическая оценка технического уровня маневровых локомотивов

Для определения динамической оценки технического уровня рас- / считаем следующие временные показатели:

- время опережения или отставания;
- эффективный срок производства;
- коэффициент технической прогрессивности.

Определение времени опережения (отставания) уровня ТЭМ101 и ЧМЭЗ (9Д80).

Согласно [50] период обновления маневровых локомотивов, как продукции тяжелого машиностроения составляет 7-10 лет.

В связи с быстрым движением НТП примем период обновления маневровых локомотивов $T_{обн}$ равным $T_{обн} = 10$ лет.

Среднегодовой прирост индекса технического уровня $K_{I_{пр}}$ рассчитываем по формуле (3.28) для каждого локомотива в отдельности в зависимости от вида работы

$$\frac{D_{наст}}{T_{ЭУ}^i} \Gamma^{j-1} \text{ — } \text{я} ; P^7] / \Gamma_{обн} \quad (4.24)$$

где k - виды работы маневровых локомотивов (маневровая и вывозная);

j - лучшие локомотивы (отечественные и зарубежные) предшествующего периода.

Среднегодовой прирост индекса технического уровня за период с 1997 по 2005 год рассчитываем по формуле

$$t, A - t \quad (4.25)$$

Продолжительность инновационного цикла в будущем периоде
/
рассчитываем по формуле

$$(4-26)$$

С учетом полученного изменения базового индекса в будущем пе-
риоде время опережения (отставания) $T_{б.д.он(от)}$ рассчитываем по фор-
муле

$$T_{б.д.он(от)} = \frac{I_{наст} - I_{буд}}{I_{буд}} \quad (4.27)$$

Продолжительность эффективного производства рассчитываем по
формуле

$$T_{эф.пр} = T_{обн.пр} \cdot T_{он(от)} \cdot \text{разр} \quad (4.28)$$

Для характеристики жизнеспособности техники определяем коэф-
фициент технической прогрессивности по формуле

$$(4.29)$$

Результаты расчетов представлены в табл.4.7 и прил. Ж. Графиче-
ски результаты расчетов прогнозно-аналитической оценки технического
уровня представлены на рис.4.3.

Таблица 4.7. - Расчет динамической оценки технического уровня маневрово-вывозного тепловоза ТЭМ101

	Обозначение	Динам, показатели	
		маневр	вывозы
1. Индекс технического уровня	<i>И_{ту}</i>	1,312	1,543
2. Период обновления технического уровня, лет	<i>T_{обн}</i>	10 лет	
3. Среднегодовой прирост индекса технического уровня к старым локомотивам, %/год.	<i>ЛИ_{пр}</i>	2,1%	2,3%
4. Среднегодовой прирост индекса технического уровня к будущему, %/год.		1,05%	1,07%
5. Продолжительность инновационного цикла в будущем, лет	<i>T_{буд}</i>	20	20
6. Время опережения или отставания, лет	<i>m</i> <i>-¹оп-от</i>	10	12
7. Продолжительность эффективного производства	<i>T_{эф/пр}</i>	17	19
8. Коэффициент технической прогрессивности	<i>к_{тп}</i>	0,85	0,95

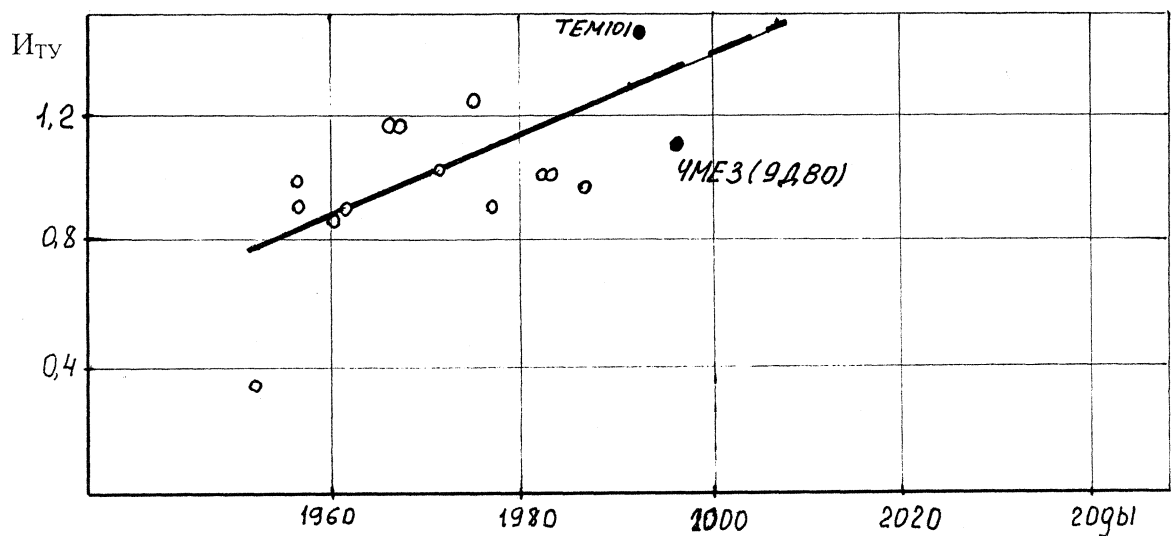


Рис. 4.3. Зависимость коэффициента технического уровня от года постройки для маневровых тепловозов

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования посвящены решению актуальной научно-технической задачи - оценке качества маневровых локомотивов.

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработана методика прогнозирования показателей маневровых тепловозов. Группирование тепловозов производилось с использованием методики таксонов. Получены зависимости показателей локомотивов от мощности, по которым можно делать прогноз показателей локомотивов и проверить на достоверность имеющие значения показателей. Проверка показателей локомотивов ЧМЭЗ и ТЭМ101 показала, что их значения отличаются от прогнозируемых не более чем на 10%.
2. Разработана методика определения технического уровня маневровых локомотивов методом индексов. Рассчитаны технические уровни локомотивов ЧМЭЗ с дизелем 9Д80 и ТЭМ101 в зависимости от вида работы. При этом коэффициент технического уровня тепловоза ЧМЭЗ при маневровой работе на 3,7% ниже чем при вывозной. А разница коэффициента технического уровня тепловоза ТЭМ101 в зависимости от вида работы составляет 14,5%.
3. По критерию экономической эффективности определены две группы номенклатур основных показателей маневровых локомотивов, характеризующие его в зависимости от вида работы (маневровой и вывозной).
4. Проектируемый локомотив ТЭМ101 при использовании его в вывозной работе находится на уровне лучших мировых локомотивов этого класса. При использовании его в маневровой работе на железных дорогах Украины технический уровень находится на уровне современных локомотивов, что объясняется завышенной его эффективной мощностью.
5. Модернизированный дизелем Д80 тепловоз ЧМЭЗ находится на уровне современных локомотивов, но выше чем базовый локомотив ЧМЭЗ с дизелем К6S310DR независимо от выполняемой работы на 14-15%.
6. Дана динамическая оценка технического уровня маневровых локомотивов. Время опережения для локомотива ЧМЭЗн составляет 2 года, а для ТЭМ 101 от 2 до 8 лет в зависимости от вида выполняемой работы.
7. Эффективный срок производства тепловоза ТЭМ101 составляет 8 лет. Если учесть, что показатели тепловоза ТЭМ101 взяты из технического задания за 1993 год, а выпуск его намечен на 2005 год, то уже в на-

- стоящее время необходимо уточнять техническое задание и технический проект по причине его морального старения.
8. Разработанные методики определения технического уровня и прогнозирование показателей локомотивов после уточнения некоторых величин возможно использовать и для маневровых локомотивов с гидравлической передачей.
 9. Разработанный программный комплекс «Маневровый локомотив» позволяет определять и прогнозировать показатели локомотивов не только по разработанным методикам, но и с использованием известных методик расчета основных узлов локомотива.
 10. Собранную информацию по параметрам более чем 90 типов маневровых локомотивов (выпускаемых более чем в 20 странах мира), хранящуюся в базе данных, возможно использовать как в научно-исследовательской работе, так в практической и в учебной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ источников

- 1 Автоматизированное рабочее место для статистической обработки данных / В.В. Шураков, Д.М. Дайитбегов, С.В. Мизрохи, С.В. Ясеновский. -М.: Финансы и статистика, 1990. -190 с.
- 2 Александров П.С. Введение в общую теорию множеств и функций. - М.: Гостехиздат, 1948. -211 с.
- 3 Андрианов Ю.М., Субетто А.И. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении. - Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1990. - 216с.
- 4 Ахназаров С.Л., Каферов В.В. Оптимизация эксперимента. - М.: Высшая школа, 1978. - 124 с.
- 5 Басенко Т.И. Анализ показателей использования тоннажа автомобильного парка министерств и ведомств СССР //Вопросы анализа, планирования и прогнозирования эксплуатационных показателей транспорта. -М.: ИКТП. -1972. -с.239-260.
- 6 Белоглазов А.К., Володин А.И. Модель формирования суммарного показателя качества функционирования тепловоза в эксплуатации // Повышение надежности подвижного состава железнодорожного транспорта. -Куйбышев, КИИЖТ. -1989. - вып.2. -С.38-41.
- 7 Боднарь Б.Е. Прибор для регистрации режимов работы тепловозов // Промышленный транспорт. -М.: 1982. -№4. -С.20.
- 8 Боднарь Б.Е. Расчет работы системы диагностирования при минимальных убытках от несвоевременного получения информации // Улучшение конструкции и обслуживания подвижного состава железных дорог. -Днепропетровск: ДЛИТ, -1996, -с. 98-104.
- 9 Боднарь Б.Е., Капица М.И. К определению энергетических параметров тепловозов с гидропередачей // Системы и узлы перспективных тепловозов. Сб. научн. тр. - К.: УМК ВО, 1991. -С. 16-18.

- 10 Боднорь Б.Е. Динамическая модель изменения параметра технического состояния узлов локомотива // Ресурсосберегающие технологии бетонов в транспортном и гидротехническом строительстве. Межвуз. сб. наук. тр. - Днепропетровск, ДГАСА. Вып.2. 1996. -С. 68-70
- 11 Бурдаков В.Д. Квалиметрия/транспортных средств // Стандарты и качество. -1986. №11. с.80.
- 12 Бурдаков В.Д. Квалиметрия транспортных средств. Методика оценки эффективности использования. -М.: Изд-во стандартов, 1990. 160 с.
- 13 Бурдаков В.Д. Об оценке технического уровня транспортных средств // Стандарты и качество, -1988. -с. 112.
- 14 Бурдаков В.Д. Транспорт на весах квалиметрии // Наука и техника. - 1984. -№10. -с.48.
- 15 Быков В.П. Методика проектирования объектов новой техники: Учебное пособие. -М.: Высш. Шк., 1990. - 168 с.
- 16 Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование. - М.: Энергоиздат, 1982.-208 с.
- 17 Горелик А.Л., Скрипник В.А. Методы распознавания. -М.: Высшая школа, 1977. - 222с.
- 18 ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. -М.: Изд-во стандартов, 1979. -**с.
- 19 ГОСТ 2.116-84. Карта технического уровня и качества продукции. - М.: Изд-во стандартов, 1979. -14 с.
- 20 ГОСТ 22339-88. Тепловозы маневровые и промышленные. Типы и основные параметры. -М.: Изд-во стандартов, 1988. -**с.
- 21 ГОСТ 22602-91. Тепловозы магистральные. Типы и основные параметры -М.: Изд-во стандартов, 1991. -9 с.
- 22 ГОСТ 24790-81. Тепловозы промышленные. Общие технические условия. -М.: Изд-во стандартов, 1981. -14с.
- 23 ГОСТ 25463-82. Тепловозы магистральные железных дорог колеи

- 1520 мм. Общие технические требования; Введ. с 01.01.84. -М.: Изд-во стандартов, 1982. -25с.
- 24 ГОСТ 27705-88. Тепловозы маневровые мощностью 180 кВт. Основные параметры и технические требования -М.: Изд-во стандартов, 1988.-6 с.
- 25 ГОСТ 4.346-85. Система показателей качества продукции. Электровозы магистральные. Номенклатура показателей. - М.: Изд-во стандартов, 1985. -9 с.
- 26 Губенко В.К., Парунакян В.Э. Общий курс промышленного транспорта. Учебник для вузов. -М.: Транспорт, 1994. -200 с.
- 27 Диагностика и регулировка тепловозов / А.З. Хомич, С.Г. Жалкин, А.Э. Симсон, Э.Д. Тартаковский. - М.: Транспорт, 1977. -222 с.
- 28 Елкин В.Н., Загоруйко Н.Г. Количественные критерии качества таксономии и их использование в процессе принятия решений. // Сб. трудов ИМ СО АН СССР "Вычислительные системы", -Новосибирск, 1969, вып.36.
- 29 Емельянов П.С., Романовский В.В., Шегалов И.П. Вероятностные процессы в судовых энергетических установках. -М.: Транспорт, 1993 - 125 с.
- 30 Забелло М.Л. Маневровая работа на железных дорогах. -М.: Транспорт, 1958. -232 с.
- 31 Загоруйко Н.Г. Методы распознавания и их изменение. -М.: Соврадио, 1972. - 198 с.
- 32 Здор А.П., Устюгов Л.П. Выбор контролируемых параметров для обеспечения оптимального функционирования САР генератора тепло-воза 2ТЭ116 //Исследование надежности и экономичности дизельного подвижного состава. -Омск: ОмИИТ, -1979. -с.30-36.
- 33 Ильин Г.А. Перспективный типаж магистральных электровозов. // Локомотив. -№2. -С.30-31.

- 34 Калиниченко Л.А., Рывкин В.М. Машины баз данных и знаний. -М.: Наука, 1990. -260 с.
- 35 Капранов Н.Н., Носырев Д.Я., Павлович Е.С., Просвиров Ю.Е. Организация технического диагностирования локомотивов: Учебное пособие. -Куйбышев: КНИГ, 1989. -58 с.
- 36 Конструкция, расчет и проектирование тепловозов./ Апанович Н.Г. и др. - М.: Машиностроение, 1969. - 388 с.
- 37 Костюков А.Н. Проектирование тепловоза. -Омск: ОмИИТ, 1966. -54 с.
- 38 Крашенинин А.С., Фалендыш А.П. Методика расчета надежности локомотива на ЭВМ. // Компьютеризированные системы контроля и управления на железнодорожном транспорте. Сб. научн. тр. - Харьков: ХарГАЖТ. -выл. 28. 1997. - с. 20-22.
- 39 Кузнецов Т.Ф., Боднар Б.Е., Капіца М.І. Методика оцінки діагностичних параметрів локомотивів // Техническое содержание и использование подвижного состава. Межвуз. Сб. научн. Тр. - Днепропетровск: ДЛИТ, 1994. - С.53-55.
- 40 Кузьмич В.Д. О тяговых параметрах грузовых тепловозов //Совершенствование конструкции, технологии эксплуатации и ремонта подвижного состава. -Харьков: ХИИТ. -1987. -вып.2. -с. 3-10.
- 41 Куростовский К.К., Мостовский А.В. Теория множеств. -М.: Мир, 1970.-254 с.
- 42 Курочкин В.Ф., Бурдаков В.Д. Оценка технического уровня транспортных средств // Сб. трудов ВНИИНМАШ, вып. 60. -М.: ВНИИНМАШ, 1988. -с.106.
- 43 Куц В.И., Макеев А.И., Просвиров Ю.Е. Оценка качества заводского ремонта тяговых электродвигателей при помощи индексов дефектности // Повышение надежности подвижного состава железнодорожного транспорта. -Куйбышев, КИИЖТ. -1989. -вып.2. -С.79-81.

- 44 Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. -М.: Наука, 1972. - 224 с.
- 45 Лубенец Н.И., Струзберг М.В. Выбор показателей для оценки качества ремонта тепловозов // Повышение надежности подвижного состава железнодорожного транспорта. -Куйбышев: КИИЖТ, 1989. -вып.2. - С.49-52.
- 46 Маслиев В.Г. Влияние касательных сил тяги на динамику локомотива в кривых /Компьютер: наука, техника, технология, образование. Тезы докладов. Харьков: Миш-кольц. -1997. -С.6.
- 47 Маслиев В.Г. Сравнение тепловозной и электровозной тяги по энергосберегающей эффективности //Двигатели XXI века. -Харьков: ИмиС. 1996.-С.17.
- 48 Методика определения технического уровня ГКНТ СССР.-24 с.
- 49 Механическая часть тягового подвижного состава: Учебник для вузов ж.-д., трансп. /И.В.Бирюков, А.Н.Савоськин, Г.П.Бурчак и др.; под ред. И.В.Бирюкова. -М./Транспорт, 1992. -440 с.
- 50 Михайлов В.А. Автоматизированные энергетические системы судов. Ленинград: Судостроение, 1977. -213 с.
- 51 Моисеев Г.А. Секционная мощность тепловозов и проблемы надежности. -М.: Транспорт, 1978. - 112 с.
- 52 Мороз А.И. Курс теории систем: Пособие для вузов. -М.: Высш, шк., 1987.- 304 с.
- 53 Мухина Н.А. Применение отношения толерантности в методе группового учета аргументов *И* Некоторые вопросы математического моделирования в инженерных задачах. -Днепропетровск: ДИИТ, -1994, -С.75.
- 54 Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: Пер. с нем. -М.: Мир, 1990. - 208 с.
- 55 Носырев Д.Я., Павлович Е.С., Просвиров Ю.Е. Основы оценки и про-

- блемы повышения качества тепловозов: Учебное пособие. -М.: ВЗИ-ИТД988. - 62 с.
- 56 Нотик З.Х. Тепловозы ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ: Пособие машинисту. - М.: Транспорт, 1990.-381 с.
- 57 О квалиметрии /Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П./ Под ред. А.В.Гличева. -М.: Изд-во стандартов, 1973. -172 с.
- 58 Озкарахан Э. Машины баз данных и управление базами данных: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 696 с.
- 59 Павлович Е.С. Техничко-экономические аспекты методов расчета надежности тепловозов: Учебное пособие для студентов- заочников специальности "Тепловозы и тепловозное хозяйство". -М.: ВЗИИТ, 1986. -76 с.
- 60 Панский В.М. Определение общих параметров локомотивов с дизельной и газотурбинной энергетическими установками. -Л.: ЛИИЖТ, 1974.-22 с.
- 61 Парамзин В.П., Четвергов В.А., Чулков Г.В., Шатунов Г.В. Сравнение показателей использования и экономичности тепловозов 2ТЭ116 и ТЭЗ //Исследование надежности и экономичности дизельного подвижного состава. -Омск: ОмИИТ, -1979. -с.3-5.
- 62 Перфилов В.Г. Металлоемкость тепловозов и пути ее снижения / Тяжелое машиностроение. -1992. -№2. -С.22-25.
- 63 Повышение надежности и эффективности использования локомотивов (ремонт, содержание): Отчет о НИР / ЦНИИИТЭИ МПС. №ГР 76014133; Инв. №Б 574020. -М.:, 1976. -61 с.
- 64 Погожев И.Б. Методы комплексной оценки качества продукции. -М.: Знание, 1971. -40 с.
- 65 Подвижной состав и основы тяги поездов: Учебник для техникумов ж.-д. транспорта / П.И. Борцов, В.А.Валетов, П.И. Кельперис, Л.И.Менжинский и др. Под ред. С.И.Осипова. 3-е изд., перераб. и

- доп. -М.: Транспорт, 1990. -336 с.
- 66 Пошехонов Б.В. Экономика надежности энергетических машин. Л.: Машиностроение, 1974. -136 с.
- 67 Прогнозирование надежности тракторов / В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко, И.Ш. Чернявский/ Под ред. В.Я. Аниловича. -М.: Машиностроение, 1986. - 224 с.
- 68 Просвилов Ю.Е. Методы и средства технического диагностирования локомотивов: Учебное пособие. -Самара; СамИИТ, 1991. -60 с.
- 69 Раков В.А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1956-1965гг.). -М.: Транспорт, 1966. - 248с.
- 70 Раков В.А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1966-1975гг.). -М.: Транспорт, 1979. - 213 с.
- 71 РД 50-64-84. -М.: Изд-во стандартов, 1984. -14 с.
- 72 Редкозубов С.А. Статистические методы прогнозирования в АСУ. - М.: Энергоиздат, 1981. - 152 с.
- 73 Савоськин А.Н., Сердобинцев Е.В. Прогнозирование надежности деталей механической части подвижного состава //Создание локомотивов большой мощности и повышение их технического уровня. -М.: КМС ВСНТО. -Часть. 1. - С.196-200.
- 74 Сергеев Е.С. Методические вопросы анализа, планирования и прогнозирования эксплуатационных показателей транспорта //Вопросы анализа, планирования и прогнозирования эксплуатационных показателей транспорта. -М.: ИКТП. -1972. -с. 6-48.
- 75 Сернипский В.В. О теории множеств. -М.: Просвещение, 1966. -224 с.
- 76 Слиеде П.Б., Залайс В.О. О постановке многокритериальных задач оптимизации *И* Вопросы динамики и прочности. -Рига: Зинатне, 1977.

-с. 16-19.

- 77 Снижение металлоемкости и повышение долговечности тепловозов / В.Г. Перфилов, Ю.А.Хмелева, Е.И.Жук и др. // Транспортное оборудование. -М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1989. Сер.5. Вып.8. С1-28.
- 78 Справочник по аттестации качества продукции / В.В. Фастовский, Р.А.Егошин, Ю.Т. Сироченко / Под ред. В.В. Кандыбы. -Харьков: Прапор, 1974. -239с.
- 79 Столл Р. Множества. Логика. Аксиоматические теории. -М.: Просвещение, 1968.-345с.
- 80 Субетто А.И. Квалиметрия: Индексная квалиметрия /ВИКИ им. А.Ф.Можайского. -Л.: Машиностроение, - 1983. -43 с.
- 81 Субетто А.И. Квалиметрия: Квалиметрическая таксономия /ВИКИ им. А.Ф.Можайского. -Л.: Машиностроение, - 1984. -48 с.
- 82 Таленс Я.Ф. Работа конструктора. -Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. - 255 с.
- 83 Тартаковский Э.Д., Фалендыш А.П. Определение технического уровня маневровых локомотивов по априорной информации. // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. №2 1997, С. 54.
- 84 Тартаковский Э.Д. Фалендыш А.П. Прогнозирование весогабаритных характеристик маневровых тепловозов. И Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. Тезы докладов.-1997, -№4.-С.115-116.
- 85 Тартаковский Э.Д., Фалендыш А.П. Методика оценки технического уровня машин по удельным показателям. // Удосконалення засобів механізації на транспорті та підвищення зносостійкості елементів машин. Міжвуз. Зб. наук. пр. -Харків: ХарДАЗТ. -1997. -вип. 30. -с.94-95.
- 86 Тепловоз ТЭМ7 /А.В.Балашов, И.И.Зеленов, Ю.М.Козлов и др. Под

- ред. Г.С. Миликжданова. -М.: Транспорт, 1989. - 295 с.
- 87 Тепловозы промышленного железнодорожного транспорта / Н.Е. Иванов, Э.З. Воскобойник, В.У. Варфоломеев, М.Л. Коротенко, В.Н. Красильников, В.Н. Тверитин. -К.; Донецк: Вища шк. Головное изд-во,- 1987. - 359 с.
- 88 Тепловозы СССР: Отраслевой каталог. М.: ЦНИИТЭИ -тяжмаш, 1988.-С 3-24.
- 89 Тепловозы ТЭМ1 и ТЭМ2 / Под ред. Е.Ф.Сдобникова. Изд. 2-е, испр. И доп. -М.: Транспорт, 1978. -278 с.
- 90 Тепловозы. Механическое оборудование. Устройство и ремонт: Учебник для техни. Школ, учебное пособие для СИТУ. / А.А.Пойда, Н.М.Хуторянский, В.Е. Кононов. -М.: Транспорт, 1986. -328 с.
- 91 Тепловозы. Основные процессы / Под ред. П.А. Шелеста - М.: МАШ-ГИЗ, 1957. -260 с.
- 92 Тепловозы: Основы теории и конструкция: Учеб, для техникумов /В.Д.Кузьмич, И.П.Бородулин, Э.А. Пахомов и др.; под ред. В.Д.Кузьмича. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Транспорт, 1991. -352 с.
- 93 Урсул А.Д. Отражения и информация. -М.: Мысль, 1979. -310 с.
- 94 Фалендыш А.П. Методика квалиметрической оценки маневровых тепловозов. И "Управление технической эксплуатацией локомотивов". Межвуз. сб. научи, тр. -Харьков: ХарГАЖТ. -вып. 29. 1997. - с.44-46.
- 95 Фрейденталь Х. Язык логики / Перевод с англ. Ю.А.Петрова под ред Ю.А.Гастева. М.: Наука, 1969. - 135 с.
- 96 Хаусдор Ф. Теория множеств. -М.: Гостехиздат, 1937. -126с.
- 97 Шор Я.Б. Методы комплексной оценки качества продукции. -М.: Знание, 1971.-56.
- 98 Шрайдер Ю.А. Пространство толерантности. // Кибернетика. - 1970, - №2. - с. 124-128.

- 99 Шуран С.Н. Каким быть тепловозу? *И Локомотивы*. -1997. -№10. - С.30-32.
- 100 Эксплуатационная надежность маневровых тепловозов: Сб. трудов ЦНИИ МПС. -М.: Транспорт, 1969. -вып. 391. -87с.
- 101 Annual report 1996. Sachsenring automobiltechnik AG. -91 p.
- 102 Bevan George T. MATE design and application. *Railway Locomotives and Cars*. 1973. -147. -N6. -p.22-23.
- 103 Jane's World railways. Edited by James Abbott. Thirty- sixth edition 1994-95. Gee alsthom. 1995/ -798 p.
- 104 Locomotives: better before bigger, *Railway Age*. 1973. -174. N23. -p.37-38.
- 105 New EMD truck aims to improve adhesion. *Railway Locomotives and Cars*. 1971. -145. -N6. -p.22-27.
- 106 Partnership, Innovation and Internationality. *We speak railways*. Adtranz. 1997. N7. -35 p.
- 107 Typische Aufgaben aus den Geschäftsbereichen Traction, Werke und DB Cargo. *Integration/Werke*, 1997. P.24-26.
- 108 V. Sergeat/ *Railway Gazette International*. 1997. -№8. -p.527-529.
- 109 *We speak railways*. Adtranz. 1997. N5. -31 p.

Приложения

Приложение А

Выбор критерия для группирования маневровых тепловозов

Таблица А.1. Исследуемые серии маневровых локомотивов

№ п/п	Наименование параметра	Фирма изготовитель	Страна изготовитель	Мощность ЛЭУ
1	2	3	4	5
1	AS-16(3ped)	Балдвин	США	1176
2	AS-416(3ped)	Балдвин	США	1176
3	AS-616(2ped)	Балдвин	США	1176
4	RT-624(2ped)	Балдвин	США	1765
5	RS-12	Балдвин	США	882
6	S-8	Балдвин	США	588
7	S-12	Балдвин	США	882
8	GP-9 (6 ped)	Дженерал Моторе	США	1287
9	SD-9 (6ped)	Дженерал Моторе	США	1287
10	SW-900	Дженерал Моторе	США	662
11	SW-1200	Дженерал Моторе	США	882
12	H12-44	Фербенкс-Морзе	США	882
13	H16-44(4ped)	Фербенкс-Морзе	США	1176
14	H16-66 (4ped)	Фербенкс-Морзе	США	1176
15	H20-44(2ped)	Фербенкс-Морзе	США	1470
16	H24-66 (4ped)	Фербенкс-Морзе	США	1765
17	RS-	ALKO	США	487
18	RS-1	ALKO	США	735
19	RS-3 (4ped)	ALKO	США	1176
20	RS-11 (4ped)	ALKO	США	1324
21	RSD-5	ALKO	США	1176
22	RSD-7 (3ped)	ALKO	США	1654
23	RSD-9	ALKO	США	662
24	RSD-12(3ped)	ALKO	США	1324
25	RSD-15 (3ped)	ALKO	США	1654
26	S-4	ALKO	США	735
27	S-6	ALKO	США	662
28	RS-1 IM (4ped)	Монреаль		1324
29	RS-13	Монреаль		735
30	RSD-15M (Sped)	Монреаль		1765
31	S-3	Монреаль		485
32	S-4	Монреаль		735
33	SL110(NT855)	Дженерал электрик	США	500
34	SL144(NT855)	Дженерал электрик	США	996
35	SL80 (NT855)	Дженерал электрик	США	500
36	SL1	Дженерал электрик	США	404
37	SL2	Дженерал электрик	США	404
38	SL3	Дженерал электрик	США	882
3	SL4	Дженерал электрик	США	529
4	U12B	Дженерал электрик	США	971
4	U12C	Дженерал электрик	США	971
4	U18B	Дженерал электрик	США	1456
4	U18C	Дженерал электрик	США	1456

Продолжение табл. А.1.

1	2	3	4	5
44	U4B	Дженерал электрик	США,	295
45	U6B	Дженерал электрик	США	441
46	U9B	Дженерал электрик	США	728
47	U9C	Дженерал электрик	США	728
48	UD18B	Дженерал электрик	США	1456
49	BB63500()		Франция	600
50	BMЭ1 (17/24)		Венгрия	442
51	ТЭМ101 (10Д80)	ГХК"Лугансктепл"	Украина	1177
52	ТЭ1 (Д50)		СССР	742
53	ТЭМ1 (2Д50)		Россия	741
54	ТЭМ2	Брянский МСЗ	Россия	883
55	ТЭМ2М (2-6Д49)	Брянский МСЗ	Россия	883
56	ТЭМ2У	Брянский МСЗ	Россия	883
57	ТЭМ2УС	Брянский МСЗ	Россия	883
58	ТЭМ2Т	Брянский МСЗ	Россия	883
59	ТЭМ2УМ (ПДГ-1М)	Брянский МСЗ	Россия	883
60	ТЭМ3	Брянский МСЗ	Россия	863
61	ТЭМ4		Россия	736
62	ТЭМ5 (26Д49)		Россия	882
63	ТЭМ6 (2-СД49Г)		Россия	1100
64	ТЭМ7 (22Д49) ~	Людиновский ТСЗ	Россия	1470
65	ТЭМ12 (3А-6Д49)	Людиновский ТСЗ	Россия	882
66	ТЭМ15(6Д49)		Россия	382
67	ЧМЭ2 (6S310DR)	ЧКД-Прага	Чехия	552
68	ЧМЭ3 (K6S310DR)	ЧКД-Прага	Чехия	993
69	ЧМЭ3М	ЧКД-Прага	Чехия	1104
70	ЧМЭ3Т	ЧКД-Прага	Чехия	993
71	ЧМЭ5 (K8S310DR)	ЧКД-Прага	Чехия	1470
72	ЧМЭ3 (ДИЗ.9Д80)			995
73	D145(10365)		Италия	.030
74	DF5 (8L240)		Китай	1324
75	DE1024	KRUP MAK	Германия	2650
76	DE501	KRUP MAK	Германия	500
77	DE502	KRUP MAK	Германия	560
78	DE 1002	KRUP MAK	Германия	1120
7	ME-05	KraussMaffai	Германия	500
8	ME-10	KraussMaffai	Германия	700
8	ME-15	KraussMaffai	Германия	500
8	OE1000	KRUP MAK	Гер(Турция)	735
8	TT22		Гер(Гана)	1230
8	DE1650	KRUP MAK	Гер(Шри-Л-)	1230
8	DE1650	KRUP MAK	Гер(Судан)	1230
8	DE1650	KRUP MAK	Гер(Мали)	1230
8	DE2550	KRUP MAK	Гер(Судан)	1855
8	ME-07	KraussMaffai	Гер(Турция)	785
8	Mabi		Испания	785
9	ET3/3		Швейцария	900

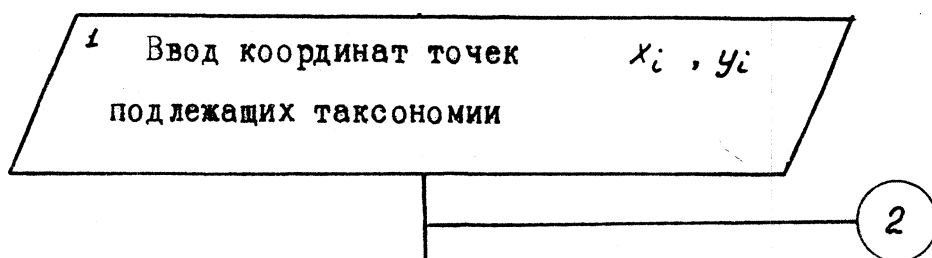
Таблица А.2. Результаты расчетов выбора критерия для группирования локомотивов

		Группирование по мощности				Группирование по F/Ne				Группирование по кол.осей		Группирование по осей		
		1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	1	2	3	4	1	2 группа	1	2	3 группа
1	Мощность ЛЭУ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Сила тяги при трогании	0,6208	-0,23335	0	0,610368	0,17193	0,82104	0,76929	0,98847	0,66375	0,731753	0,56934	0,73727	0,60154
3	Длительная сила тяги	0,719346	0,428974	0,52315	0,517525	0,9828	0,98768	0,99909	0,99911	0,8543	0,83029	0,82687	0,89109	0,85416
4	Кас. мощн.	0,565021	0,421109	-0,277184	-0,00788	0,62582	0,5949	0,88411	0,99476	0,55501	0,2556	0,71456	0,52031	0,33717
5	Масса локомотива	0,645767	-0,15021	0,39460	0,575984	0,17022	0,81942	0,59424	0,98864	0,64131	0,660665	0,62904	0,76682	0,60157
6	Количество осей	0,548041	0,051428	-0,324403	0,240751	0,25183	0,54499	0,75446	0,82583	0	0	0,60864	0,53918	0,56794
7	Длина	0,802936	0,772265	0,22059	0,6442	0,65914	0,89921	0,78912	0,98189	0,75281	0,856497	0,87556	0,84896	0,76703
8	Миним. радиус кривых	0,510665	0,255322	0,46753	0,229418	0,7904	0,60733	0,4682	0	0,55208	0,229595	0,62261	0,49642	0,76606
9	Скорость конструкции.	0,6356	0,069905	0,41910	0,0221	0,62676	0,46068	0,23024	0,93465	0,55479	0,028859	0,58659	0,44083	0,30309
10	Скорость расчетная	0,200758	-0,15874	-0,547202	0,3251	-0,2173	0,01363	0,07007	0,82583	0,55764	0,443601	0,4234	0,3364	-0,0175
1	Рось	0,255769	-0,20311	0,70489	0,348783	-0,0356	0,57087	0,13353	0,9911	0,64131	0,660665	0,07357	0,38888	0,36248
1	Фтяг	0,195283	0,527319	0,65693	0,122382	0,85697	0,64895	0,69786	-0,2474	0,30363	0,286856	0,64969	0,55402	0,51272
1	ZbZZm	-0,65446	0,523914	-0,795029	-0,27165	-0,2556	-0,5989	-0,6687	-0,8258	-0,4706	-0,27385	-0,5366	-0,3949	-0,2343
1	Топливо	0,615592	0,110741	-0,454464	0,509562	0,69264	0,55904	0,64233	0,87447	0,4781	0,400105	6,75351	0,43296	0,41986
	Объем выборки	25	18	11	17	13	37	12	5	35	36	22	30	19
	Крит. знач. коэф.	0,413	0,49	0,65	0,553	0,602	0,35	0,633	0,997	0,35	0,35	0,43	0,38	0,482
	Кол. полож.		3	5	3	еже		IIIЖ		IIIВ	«ая			рвя

приложение b

Группирование локомотивов с использованием метода таксономии

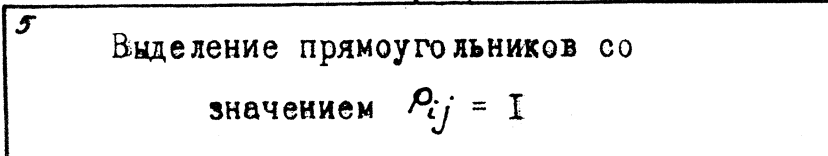
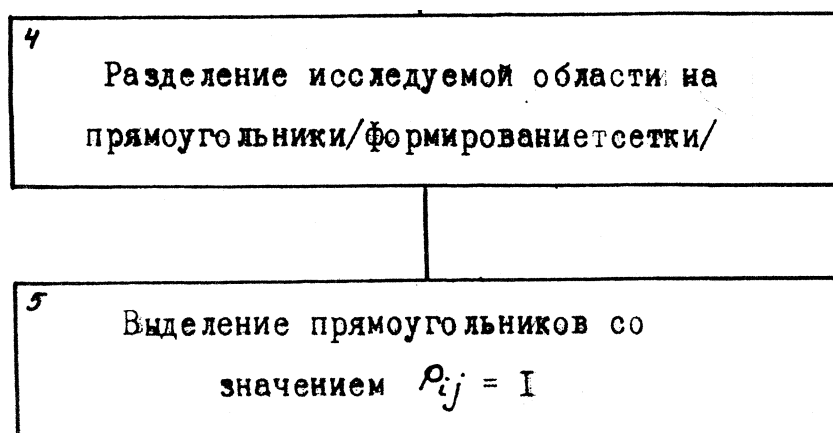
На чаю



^/ Задание значений d, j, d, y , характери
'зующих стороны прямоугольников сетки /

3

Задание коэффициента адекватности



1

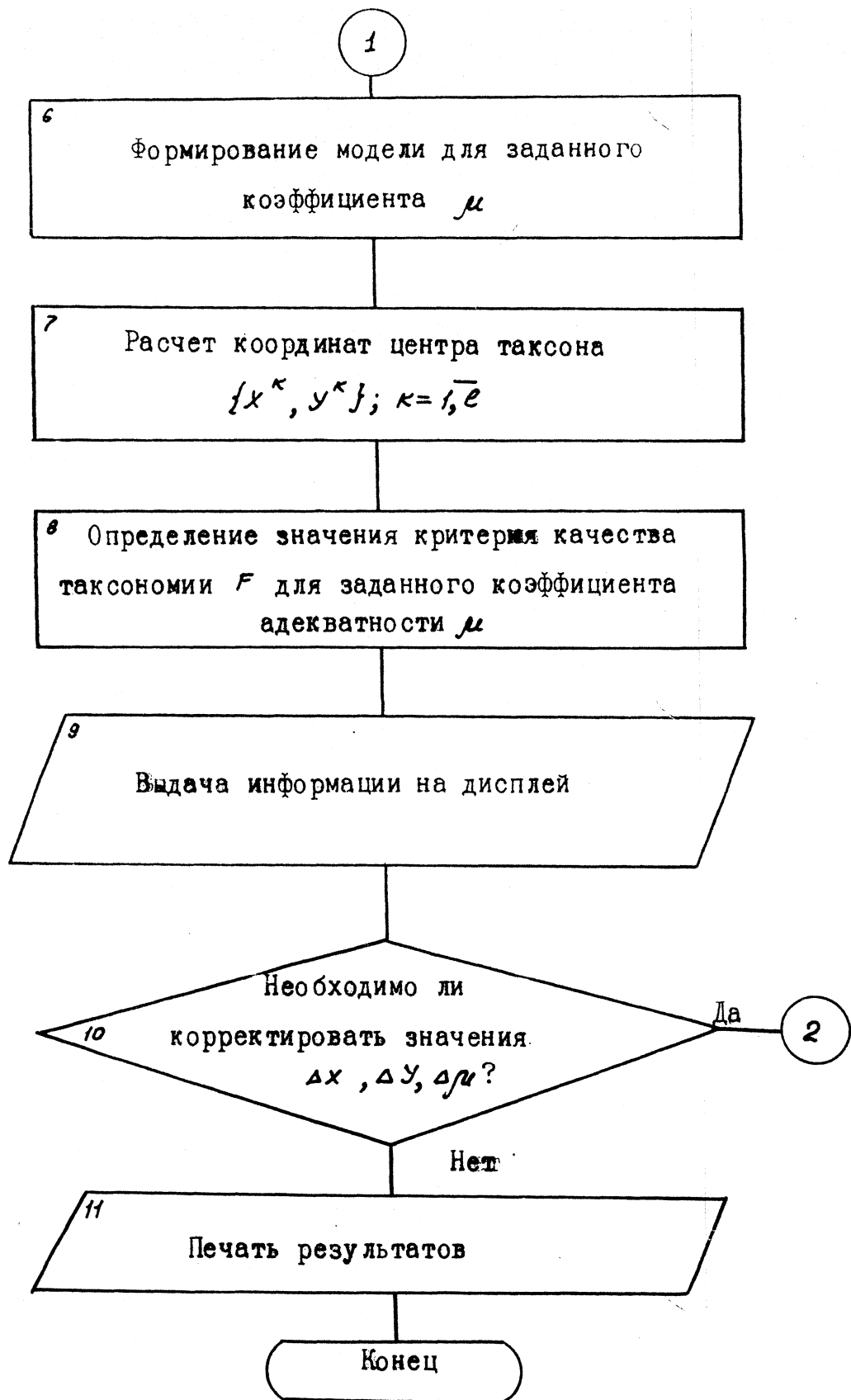


Рис. Б.1. Алгоритм построения модели группирования тепловозов методом таксономии

Приложение В

Зависимости показателей маневровых тепловозов для 2 группы

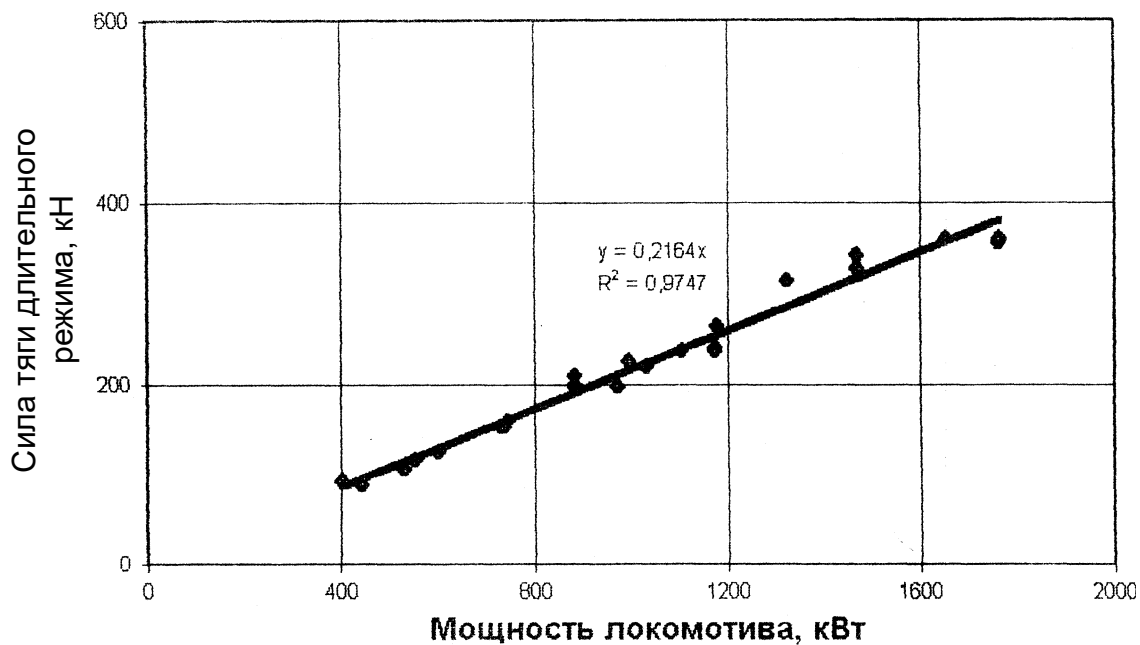


Рис. В.1. Зависимость $F_{тяги}$ от N_e локомотива для 2 гр.

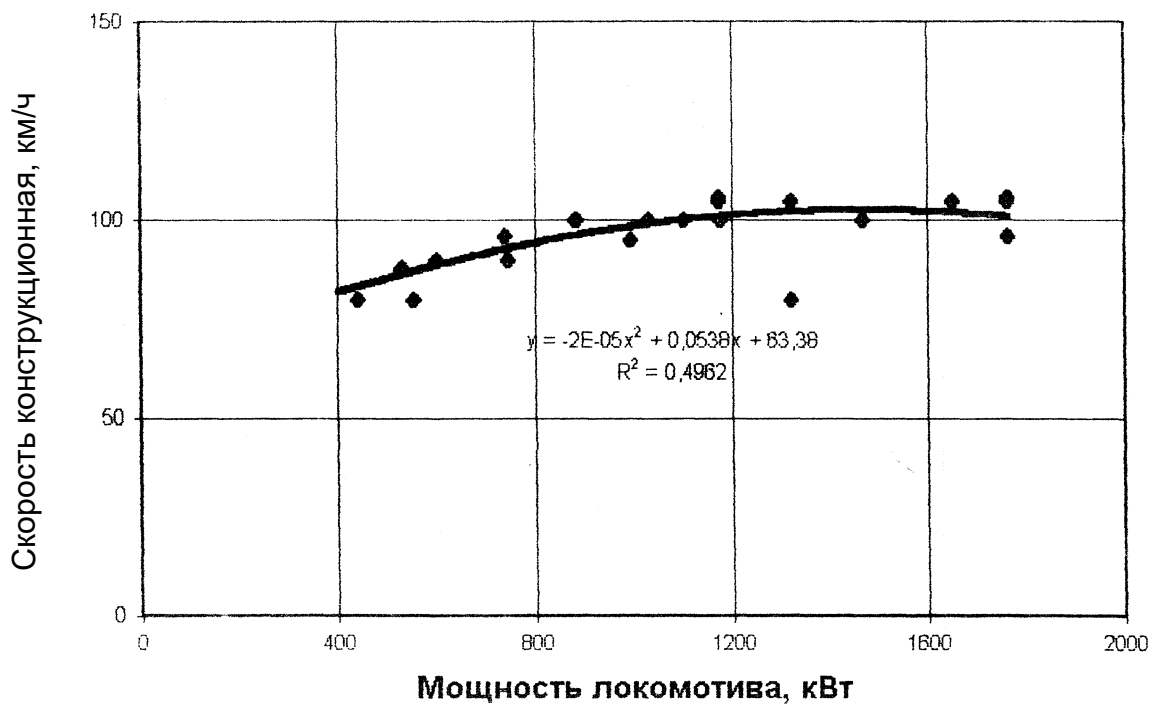


Рис. В.2. Зависимость V_k от N_e для 2 гр.

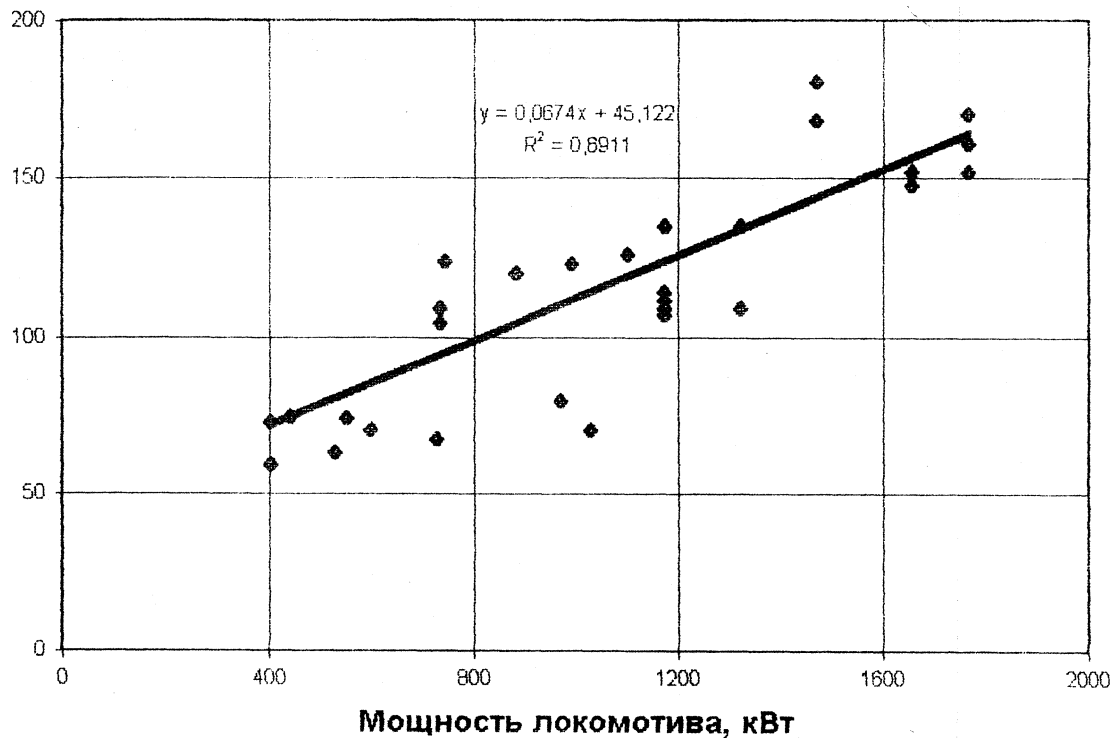


Рис. В.3. Зависимость P от Ne для 2 гр.

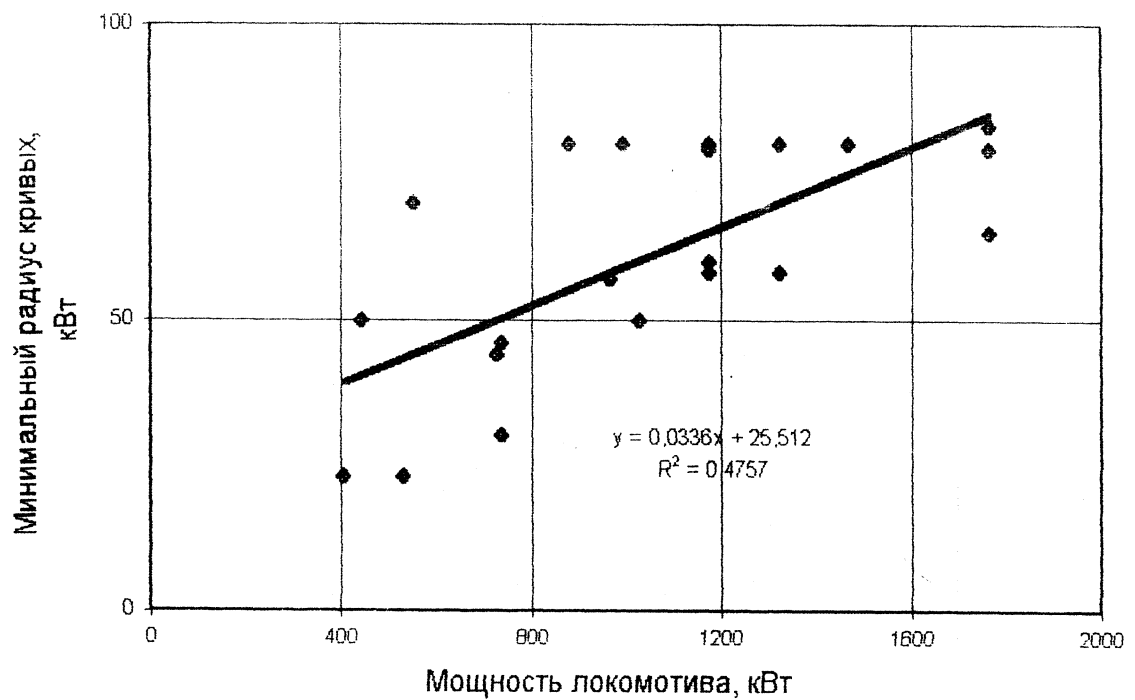


Рис. В.4. Зависимость Rmin от Ne

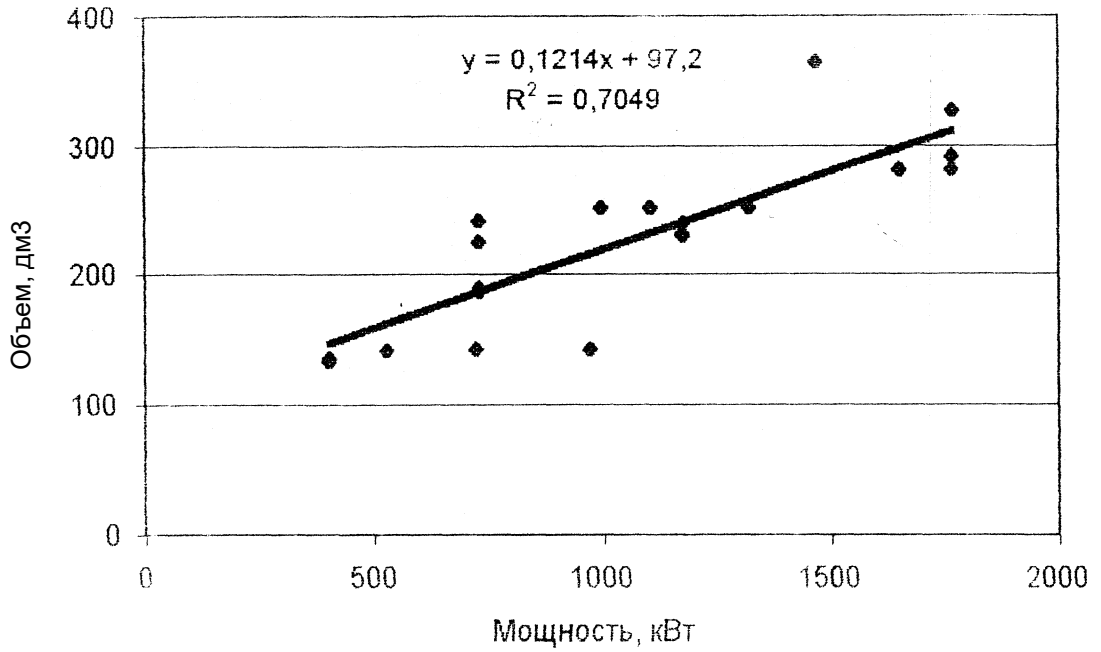


Рис. В.5. Зависимость V лок. от Ne для 2 гр.

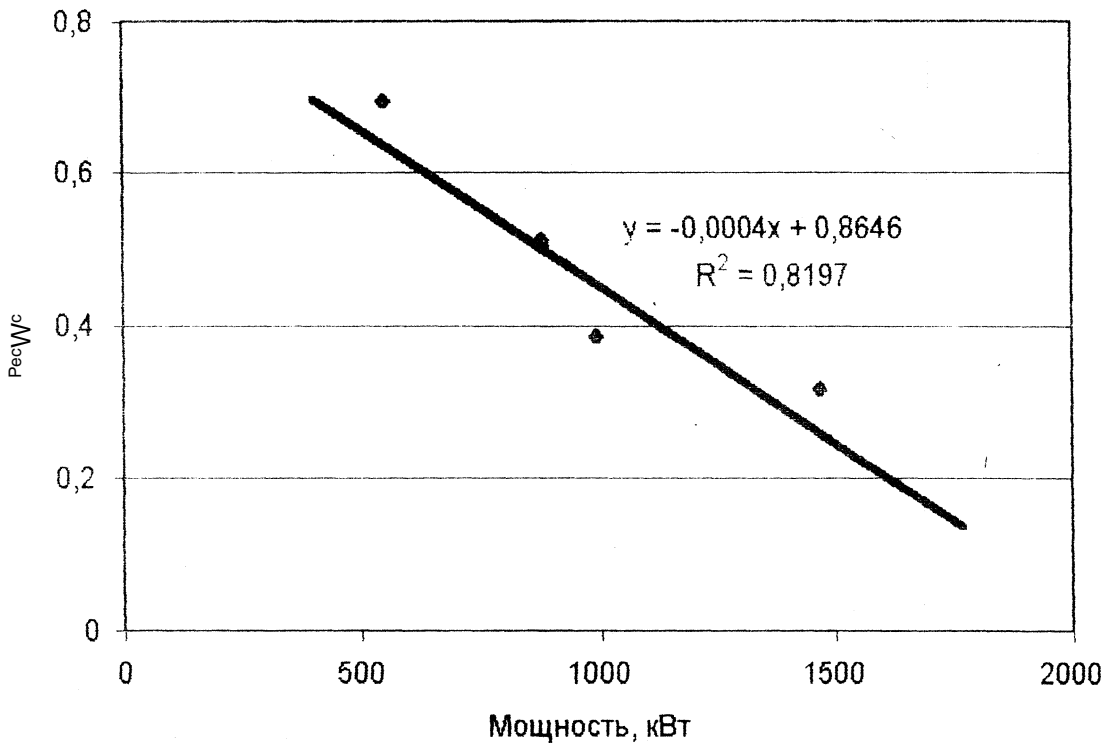


Рис. В.6. Зависимость ресурса от Ne для 2 гр.

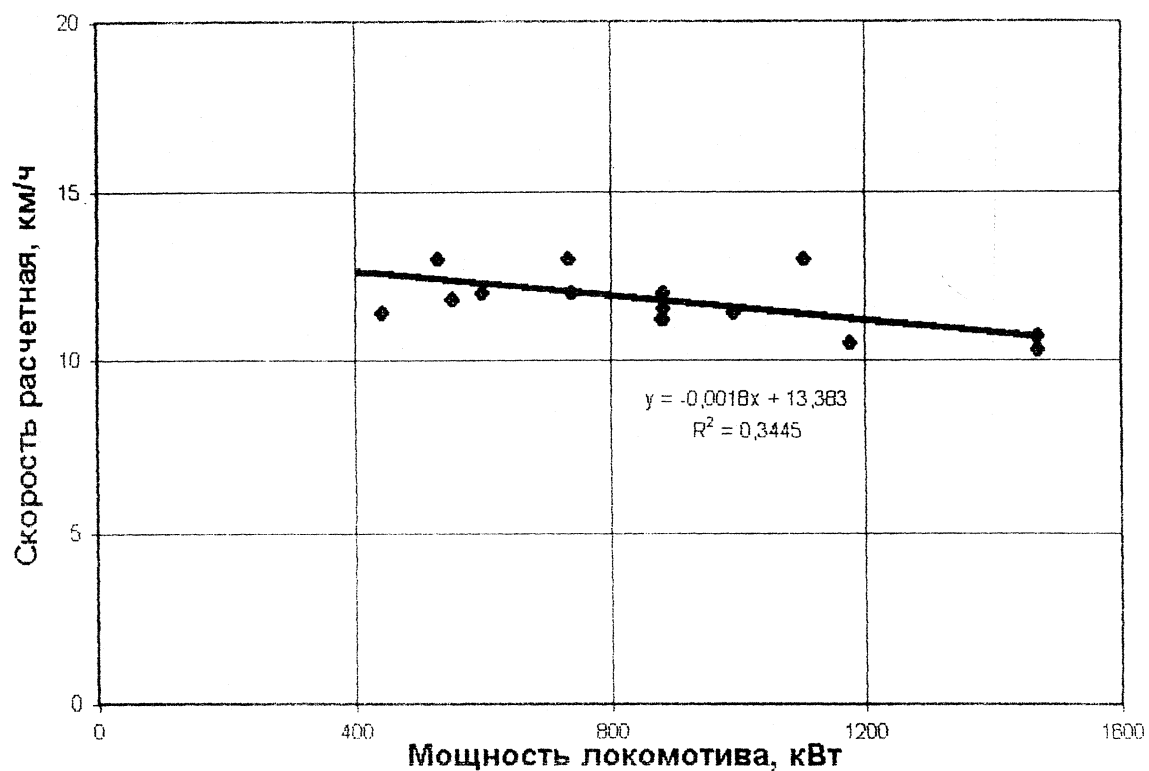


Рис. В.7. Зависимость V_p от N_e для 2 гр

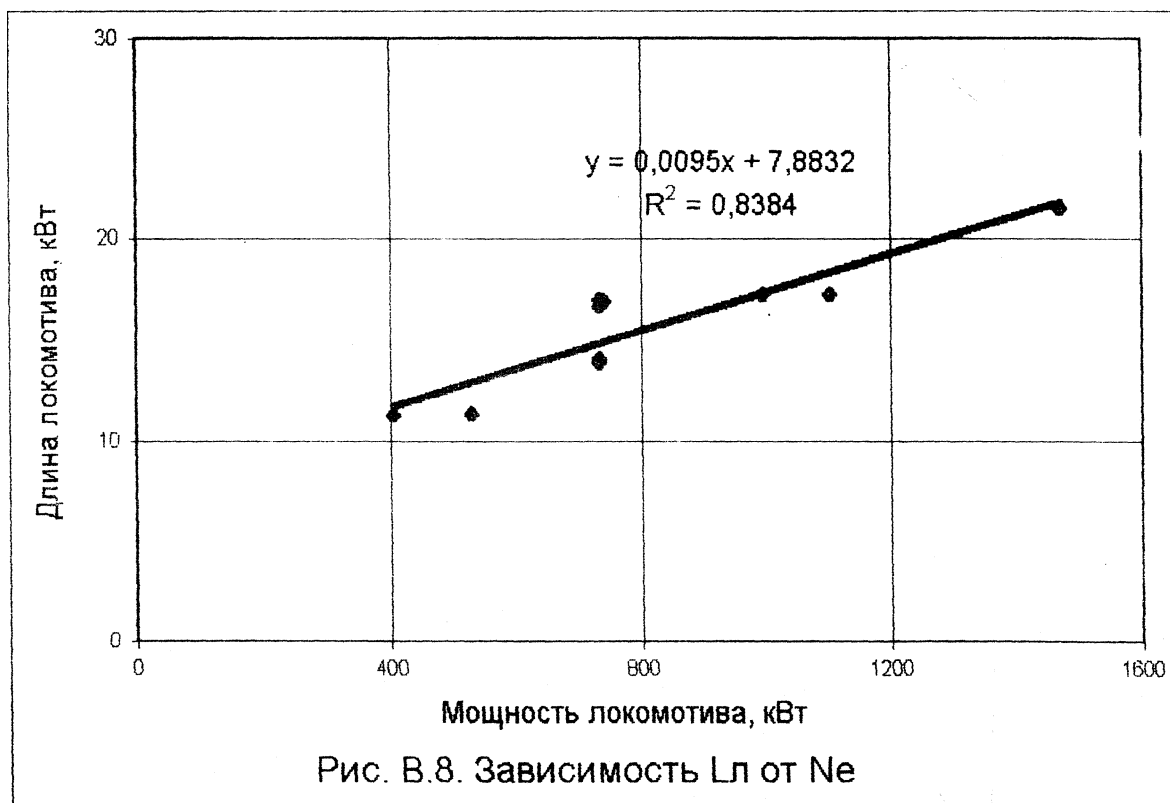
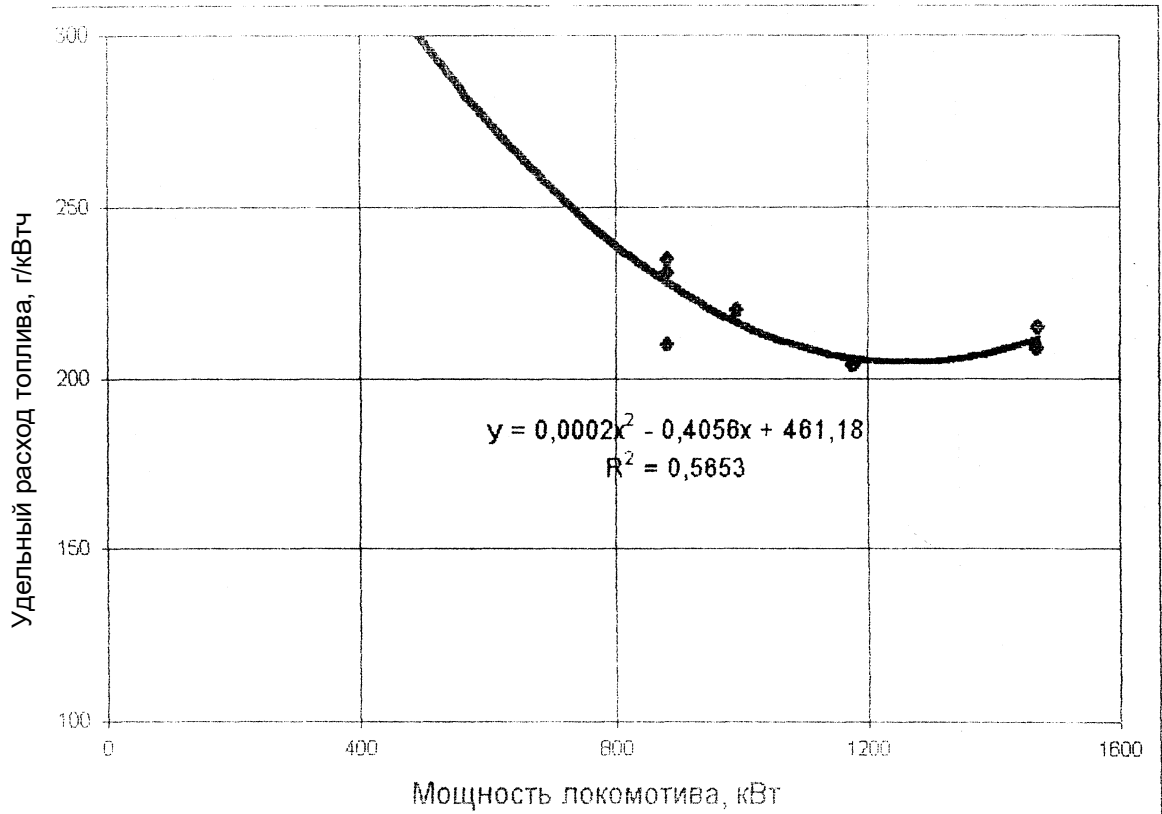
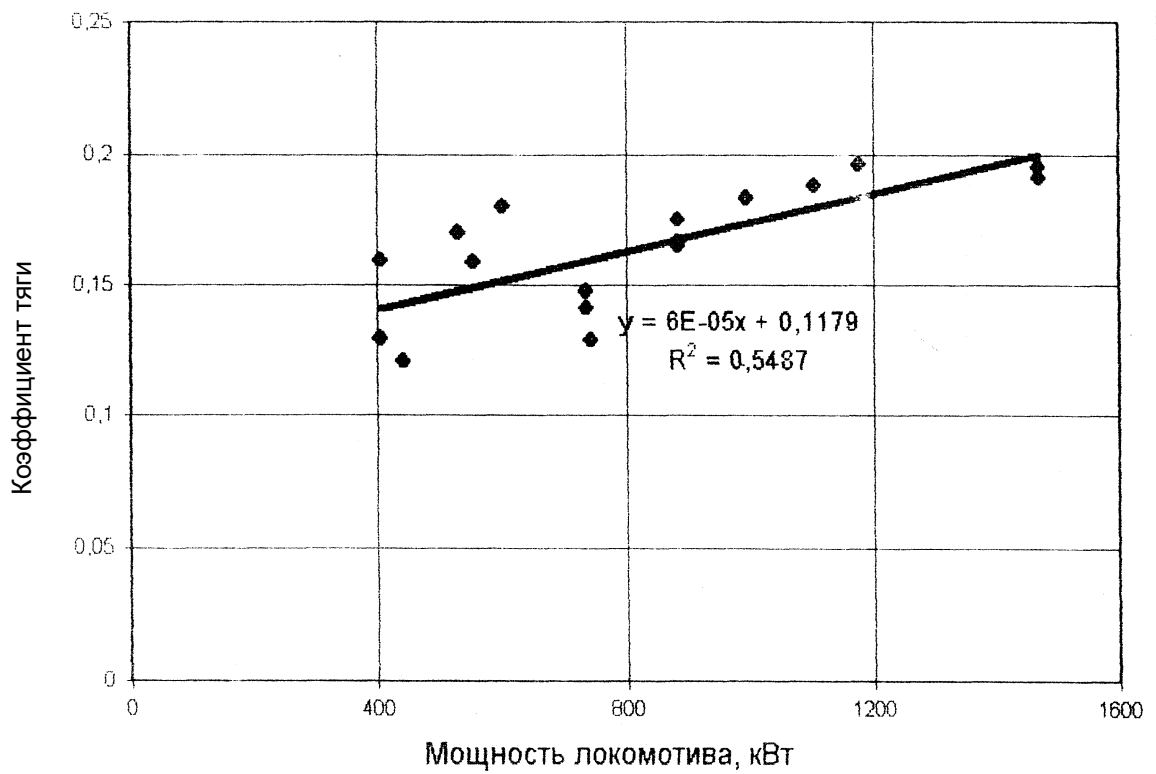


Рис. В.8. Зависимость L_l от N_e

Рис. В.9. Зависимость g_e от N_e Рис. В.10. Зависимость $L(\text{тяги})$ от N_e

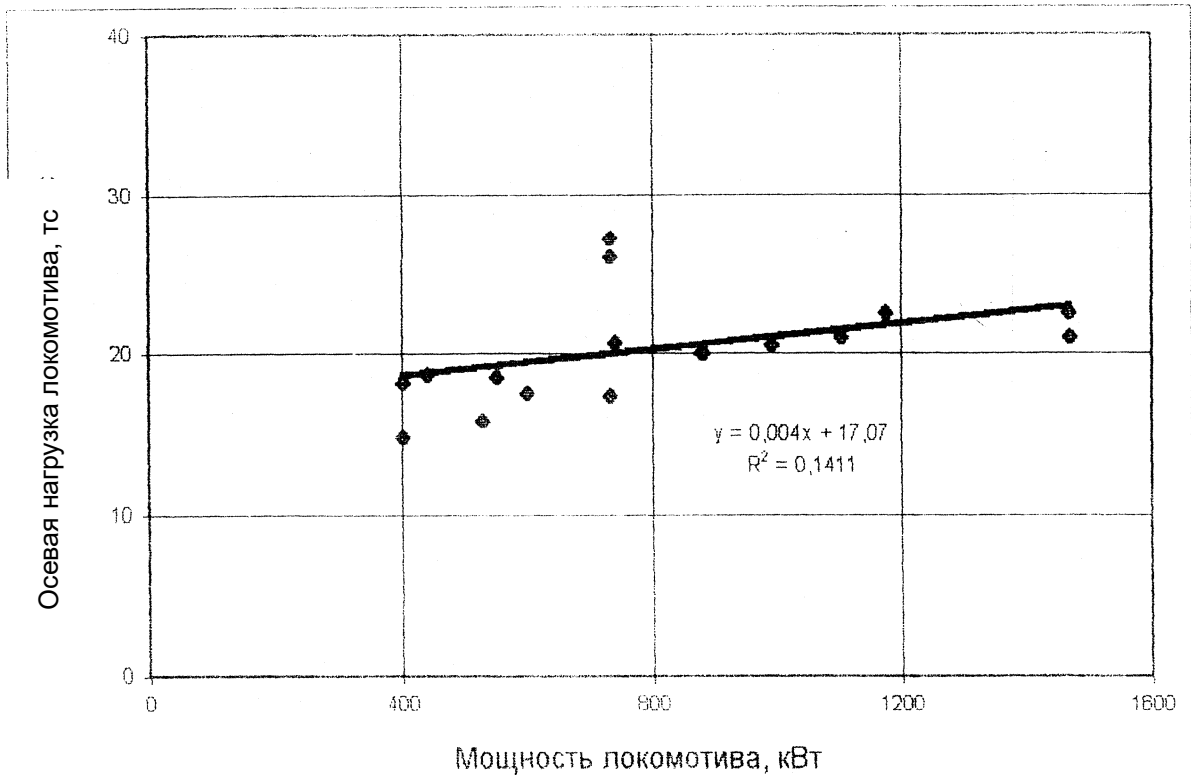


Рис. В.11. Зависимость Рось от Ne

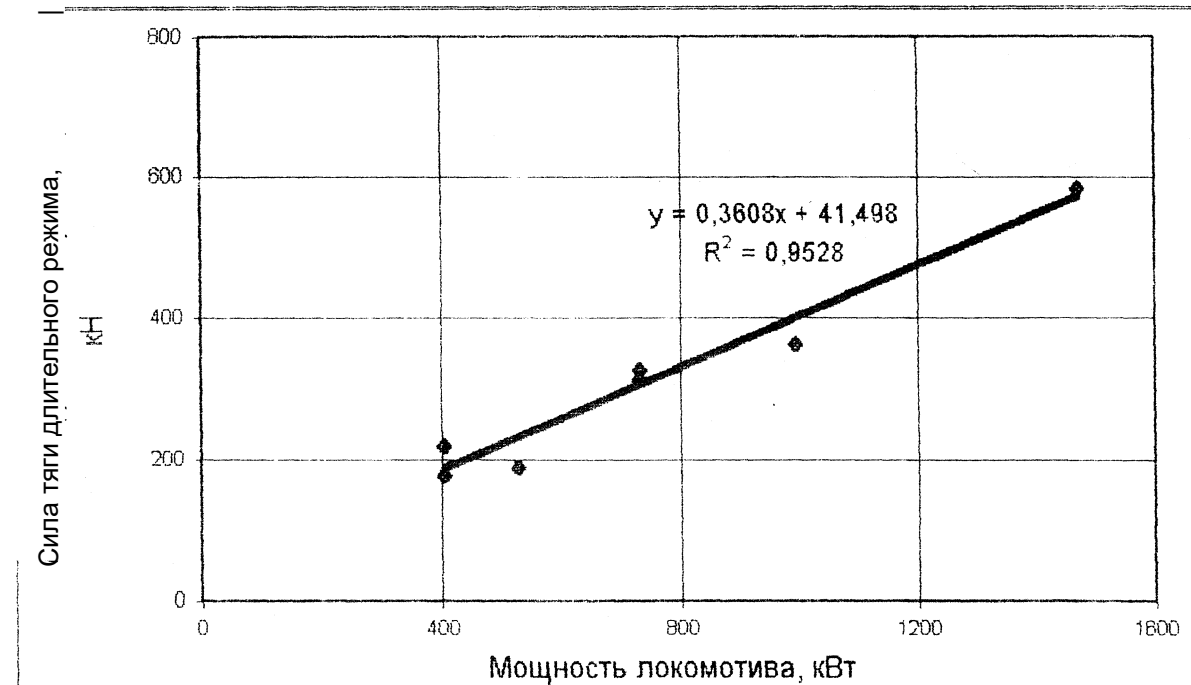


Рис. В. 12. Зависимость силы тяги при трогании от мощности локомотива

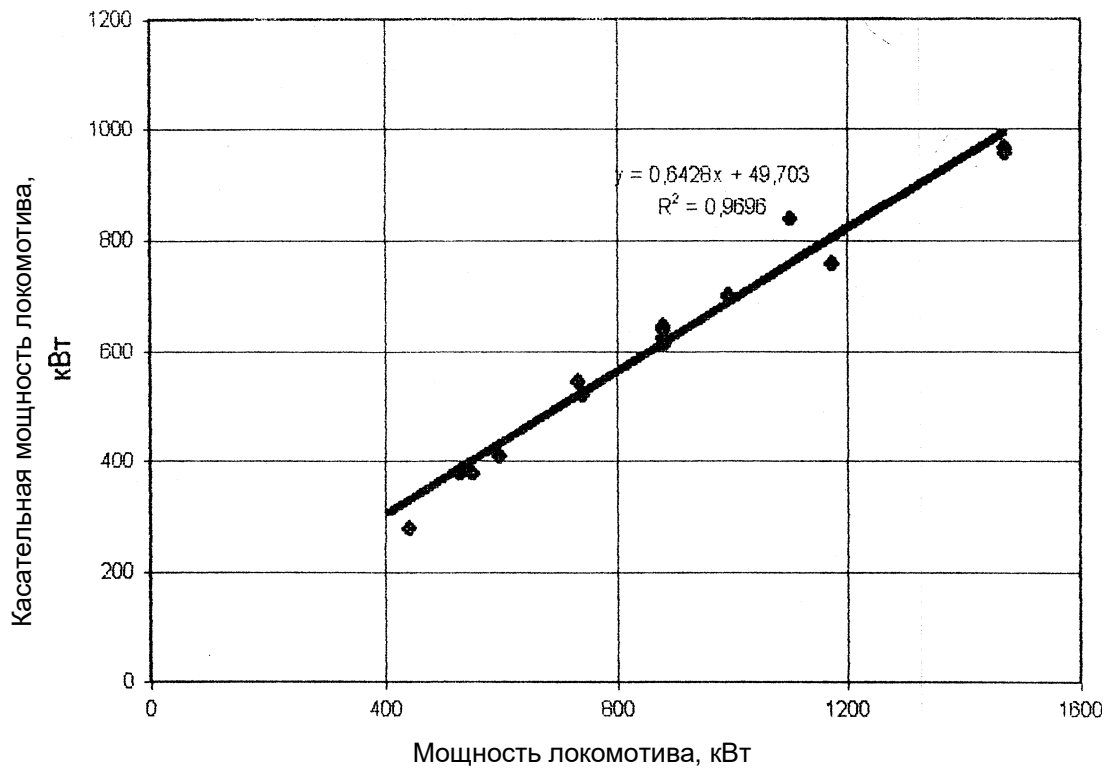


Рис. В. 13. Зависимость $N_{кот}$ от N_e

Приложение Д

Программный комплекс "Маневровый локомотив"

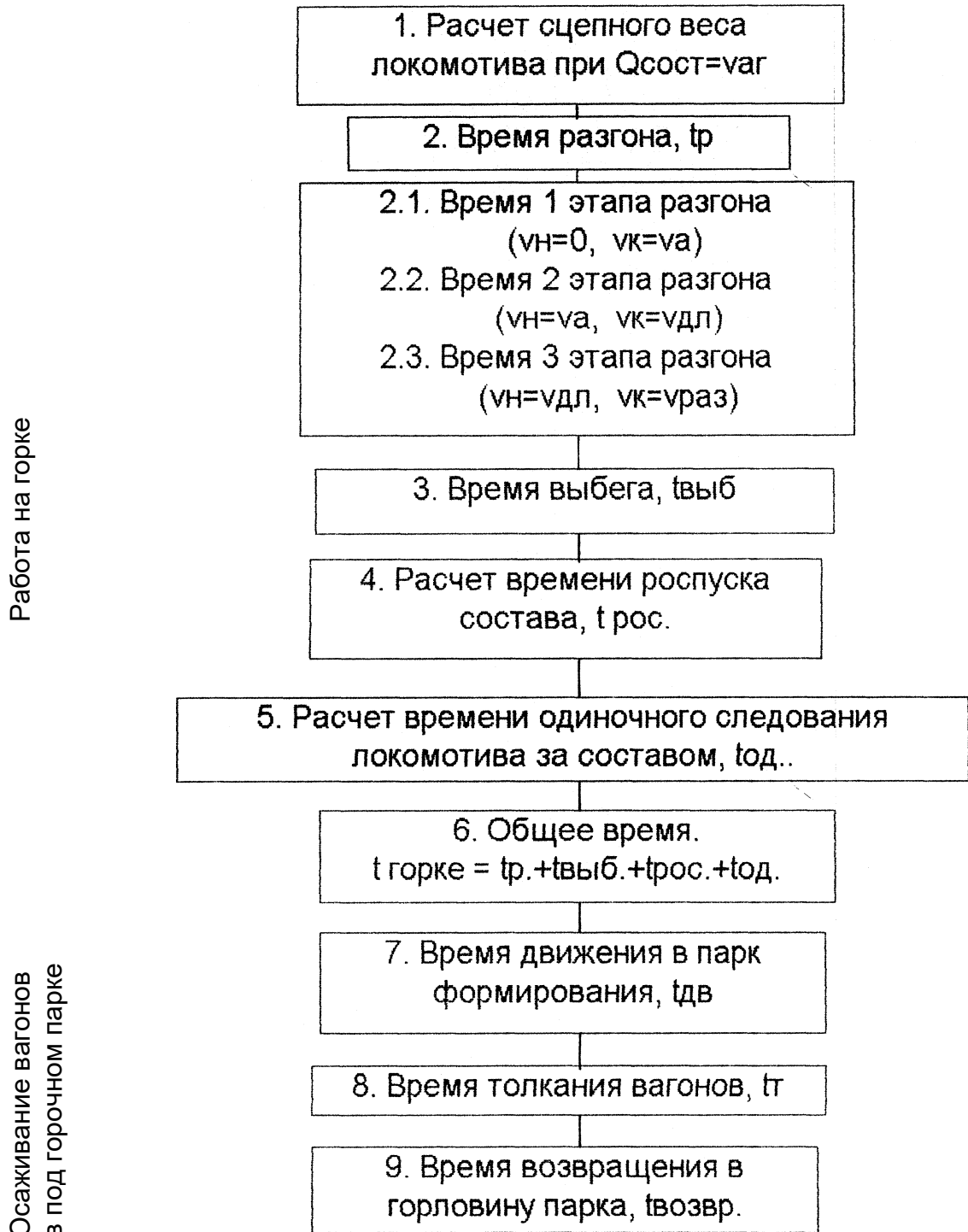


Рис. Д.1. Алгоритм расчета времени работы тепловозов на маневровой работе

Таблица Д.1. Структура БД "Основные характеристики
 локомотивов

№ п/п	Наименование параметра	Размерн ость	Тип поля
1	Фирма изготовитель		общий
2	Страна изготовитель		общий
3	Начало выпуска		дата
4	Конец выпуска		дата
5	Сила тяги при трогании	кН	числовой
6	Длительная сила тяги	кН	числовой
7	Мощность ЛЭУ	кВт	числовой
8	Удельный расход топлива	г/кВтч	числовой
9	Масса локомотива	т	числовой
10	Количество осей		числовой
11	Диаметр колес	мм	числовой
12	Ширина	мм	числовой
13	Высота	мм	числовой
14	Длина	мм	числовой
15	Объем локомотива	м ³	числовой
16	Минимальный радиус кривых	м	числовой
17	Скорость конструкционная	км/ч	числовой
18	Скорость расчетная	км/ч	числовой
19	Осевая нагрузка	кН/ось	числовой
20	Тип передачи		общий
21	Запас масла	т	числовой
22	Запас воды	т	числовой
23	Запас песка	т	числовой
24	Запас топлива	т	числовой

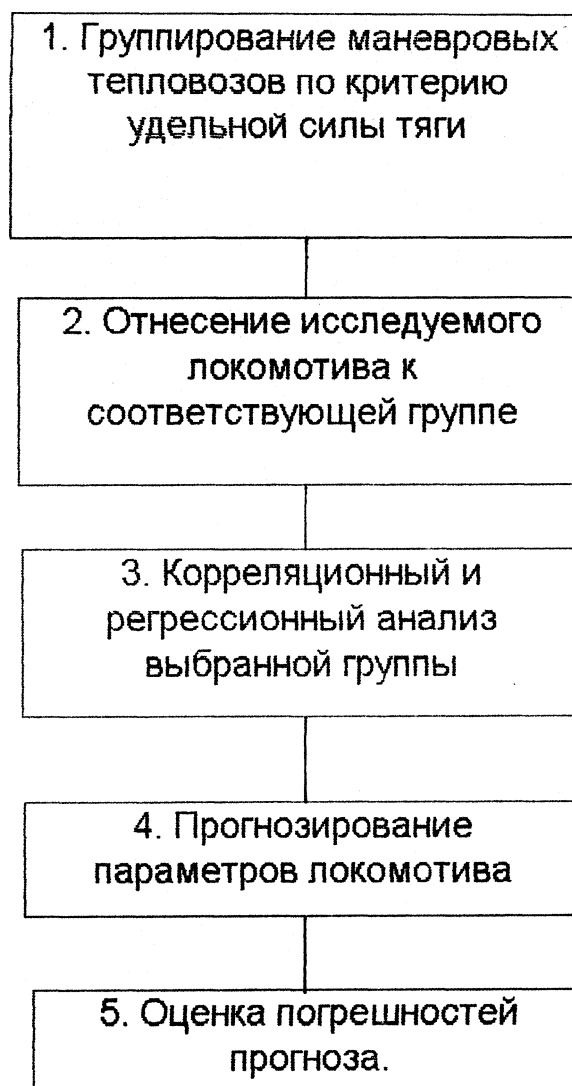


Рис. Д.2. Алгоритм подпрограммы "Прогноз параметров локомотивов"

Приложение Е

Таблица Е.1. Расчет коэффициента замещения и частных индексов при оценке технического уровня

Наименование параметра	Мощность ЛЭУ	Длиительная сила тяги	Мощность ЛЭУ	Уд. расход топлива	Масса локомотива	Длина	Миним. радиус кривых	Скорость конструк-ЦИОН.	Скорость расчет-ная	Рось	Ресурс	К.ф.veWP	
категория	Коэффициент замещения												
	. 3	0,261	-4,16	0,838	32,	-0,654	6,88	7,605	5	32,7	327		
Маневровая													
48	UD18В	1456	30	120,7	20,8	-11,983	-34,008	23,544	364,640	35,744	33,375	0,502	-75,298
49	ВВ63500 ()	600	-312	-102,4	20,8	-44,414	-34,008	0,000	-34,400	4,563	-15,000	0,502	-11,018
50	ВИЭ1 (17/24)	442	-419,4	-143,6	-145,6	-40,593	-34,008	19,620	-103,200	0,000	-9,300	0,356	68,581
61	ГЭМ 101	1177	105	47,96	66,56	10,056	1,635	0,000	34,400	-6,845	10,000	0,502	-14,029
52	ТЭ1 (Д50)	742	-210	-65,43	-124,8	0,754	-10,726	-29,430	-34,400	4,563	0,750	0,502	65,970
53	ГЭМ1 (2Д50)	741	-90	-65,69	-124,8	-2,514	-8,175	0,000	0,000	-18,252	-2,500	7,623	58,262
54	ТЭМ2	883	-60	-28,67	-62,4	-2,514	-10,726	0,000	34,400	-1,521	-2,500	4,120	18,412
63	ТЭМ7 (22Д49)	1470	342	124,3	45,76	47,766	139,956	0,000	34,400	-8,366	10,000	-2,201	-2,170
64	ТЭИ 12 (3А-	882	15	-28,93	41,6	-19,274	-10,726	13,080	-103,200	-10,647	-19,167	0,502	-16,049
65	ТЭМ15 (6Д49)	882	-90	-28,93	20,8	-2,514	-10,726	0,000	34,400	-1,521	-2,500	0,502	18,648
66	ЧМЭ2	552	-336,9	-115	20,8	-41,062	-10,726	6,540	-103,200 ¹	3,042	-10,000	10,135	15,593
67	ЧМЭ3	993	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
70	ЧМЭ5	1470	294	124,3	20,8	37,710	58,206	0,000	34,400	-5,324	2,500	0,502	-14,661
71	ЧМЭ3	995	-13,2	0,521	20,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,502	-0,381
72	D145 (ID365)	1030	-30	9,645	20,8	-44,414	-10,726	19,620	34,400	-10,647	-15,000	0,502	-85,543
73	IDF5 (8L240)	1324	255	86,28	20,8	10,056	-10,726	0,000	-103,200	-16,131	10,000	0,502	-33,515

Приложение Ж

Табл. Ж.1. Расчет динамических показателей маневровых тепловозов

	ТЭМ101		ЧМЭЗ (9Д80)	
	маневр	вывозная	маневр	вывозная
Коэффициент технического уровня	1,315	1,536	1,15	1,14
Среднегодовой прирост индекса технического уровня к прошедшему периоду	0,021	0,023	0,011	0,013
Среднегодовой прирост индекса технического уровня к будущему периоду	0,0105	0,0107	0,013667	0,0284
Продолжительность инновационного цикла	20	20,495	12,07317	6,866197
Время опережения (отставания)	2,349	8,124	2,926829	0,352113
Продолжительность эффективного производства	17,02115	19,3195	9,926829	7,352113
Коэффициент технической прогрессивности	0,851058	0,9426445	0,822222	1,070769



Директор
ГДК "Лугансктепловоз"

Н.М.Найш

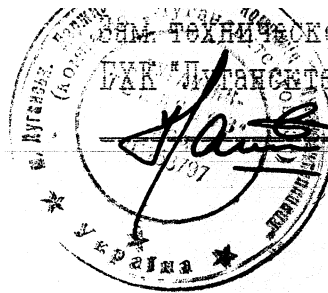
АКТ

об использовании результатов диссертационной работы
Фалендыша Анатолия Петровича "Оценка технического уровня
маневровых тепловозов железных дорог Украины"

В соответствии с Государственной программой развития железнодорожного транспорта Украины от 1992 года. ГДК "Лугансктепловоз", как одно из приоритетных направлений проводило разработку технической документации на создание маневрового тепловоза для железных дорог Украины. При разработке технического задания и технического проекта на маневровый тепловоз были использованы результаты исследований Фалендыша А.П. в части определения технического уровня, определения основных конструктивных параметров и прогноза по изготовлению опытных образцов и налаживанию серийного производства отечественного маневрового тепловоза. К заслугам автора следует отнести проведенный им глубокий анализ конструктивных особенностей маневровых тепловозов, выпускаемых более чем в 20 странах. Проведены расчеты и получены зависимости весовых и конструктивных характеристик маневровых тепловозов с электрической передачей.

Зам. главного
конструктора компании

В.П.Щербаков



Зам. технического директора
ГХК "Лугансктепловоз"

Н.М.Найш

АКТ

об использовании результатов диссертационной работы
Фалендыша Анатолия Петровича Оценка технического уровня
маневровых тепловозов железных дорог Украины"

В соответствии с Государственной программой развития железнодорожного транспорта Украины от 1992 года. ГХК 'Лугансктепловоз', как одно из приоритетных направлений проводило разработку технической документации на создание маневрового тепловоза для железных дорог Украины. При разработке технического задания и технического проекта на маневровый тепловоз были использованы результаты исследований Фалендыша А.П. в части определения технического уровня, определения основных конструктивных параметров и прогноза по изготовлению опытных образцов и налаживанию серийного производства отечественного маневрового тепловоза. К заслугам автора следует отнести проведенный им глубокий анализ конструктивных особенностей маневровых тепловозов, выпускаемых более чем в 20 странах. Проведены расчеты и получены зависимости весогаооритных характеристик маневровых тепловозов с электрической передачей.

зам. главного
конструктора компании

В.П.Щербаков