МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

# ПО ВЫБОРУ ВИДА ТЯГИ, РОДА ТОКА И ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

Москва - 1985 г.

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

УТВЕРЖДАЮ:
Начальник Транспортного управления Минчермет СССР
_____ А.С.Хоружий
"20" июня 1985 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Начальник Черметпроекта
_____ Е.М.Борисов
"10" июня 1985 г.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## ПО ВЫБОРУ ВИДА ТЯГИ, РОДА ТОКА И ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

Москва - 1985 г.

# СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

<u>От Промтрансниипроекта</u>
(головной исполнитель), г.Москва

| | |
|---|---|
| Зам.директора института по научной работе, к.т.н. | Поярков О.П. |
| Зав.лабор.подв.состава пром.ж.д.транспорта к.т.н., ст.н.с. | Забелин Г.Д. |
| Ст.н.сотр., к.т.н., (руководитель работы) | Соколов Б.И. |

<u>От Гипромеза (г.Москва)</u>

| | |
|---|---|
| Гл.инженер института | Синдин Б.В. |
| Нач.отдела генпланов и транспорта | Трубицын К.С. |
| Гл.технолог отдела | Тиверовский В.И. |
| Гл.конструктор отдела | Сморгонский Б.С. |

<u>От Ленгипромеза (г.Ленинград)</u>

| | |
|---|---|
| Гл.инженер института | Халезов М.Н. |
| Нач.отдела генпланов и транспорта | Артамонов Е.С. |
| Гл.конструктор отдела | Финкельштейн М.К. |

<u>От ЦНИТИтрансчермет (г.Жданов)</u>

| | |
|---|---|
| Гл.инженер | Касьян Н.Г. |
| Рук.бригады | Воронцов В.В. |

СОДЕРЖАНИЕ :


Введение. . . . . .
I. Общие положения . . . . . .
2. Структура решения . . . . . .
2.I. Исходные данные . . . . . .
2.2. Выбор рода тока и величины напряжения . . . . .
2.3. Разработка рабочих вариантов электрификации . . . . . .
2.4. Выбор типа электровоза. . . . . .
2.5. Расчет технико-эксплуатационных показателей . . . . . .
2.6. Расчет приведенных затрат . . . . . .
3. Методика расчета статей затрат. . . . . .
3.I. Локомотивный парк . . . . . .
3.2. Затраты на содержание локомотивного парка. . . . . .
3.3. Расход энергоресурсов на локомотивную тягу. . . . . .
3.4. Локомотивное депо . . . . . .
3.5. Тяговые подстанции. . . . . .
3.6. Контактная сеть . . . . . .
3.7. Дежурный пункт контактной сети. . . . . .
3.8. Вспомогательные работы. . . . . .
4. Список использованных источников. . . . . .
5. Приложение I. Пример расчета электрификации железнодорожных путей завода (по данным НЛМК) . . .
6. Приложение 2. Основные данные промышленных локомотивов . . . . . .

## ВВЕДЕНИЕ

"Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981-1985 гг. и на период до 1990 года", развитые в материалах XXУI съезда КПСС, предусматривают дальнейшее развитие и улучшение работы промышленного железнодорожного транспорта.

Одним из наиболее действенных факторов повышения экономической эффективности является электрификация железнодорожного транспорта. Это подтверждает многолетний опыт и анализ эксплуатации электрической тяги на Магнитогорском металлургическом комбинате, Челябинском металлургическом комбинате и некоторых других заводах. Однако, до сих пор основным видом тяги на железнодорожном транспорте метзаводов остается тепловозная.

До сих пор электрификация внутризаводского железнодорожного транспорта проводилась эпизодически на отдельных участках путей заводов из-за отсутствия специализированных электровозов с автономными источниками питания, невозможности 100-процентной электрификации путей и ввода контактной сети на территорию цехов и складов, большим числом путей с малой грузонапряженностью и частотой движения.

Увеличение затрат на добычу жидкого топлива, повышение его роли (отдачи) в других отраслях промышленности, наметившиеся тенденции ограничения поставок топлива делают необходимым и экономически целесообразным внедрение электрической тяги на ж.д. транспорте крупных промышленных предприятий и, в первую очередь, на металлургических заводах.

Основные преимущества электрической тяги по сравнению с тепловозной заключаются в экономии жидкого топлива, более высокой надежности электровозов, снижении затрат на содержание и ремонт электровозного парка.

Промтрансниипроект и другие организации длительное время ведут систематические исследования по эффективности различных видов тяги на металлургических заводах /1,2,3/. В 1973 и 1976 гг. были выпущены "Методические указания по

выбору и оценке различных видов тяги на железных дорогах промышленных предприятий" /2,3/. Однако, они решали не весь комплекс вопросов электрификации заводов, со времени издания произошли существенные изменения в ценах на материалы, оборудование, изменился ряд нормативных показателей, более точно определился перспективный типаж маневрово-промышленных электровозов и др.

В связи с этим возникла необходимость уточнения и переработки ряда положений действующих методических указаний. Вместе с тем при разработке новой редакции "Указаний" использован весь имеющийся положительный методический и практический опыт электрификации транспорта метзаводов.

Настоящие "Методические указания" разработаны совместно Промтрансниипроектом, Гипромезом (г.Москва), Гипромезом (г.Ленинград), ЦПКТПтрансчерметом (г.Жданов) с участием Укргипромеза (г.Днепропетровск) и Транспортного управления Минчермета СССР. Они имеют целью обеспечить выполнение технико-экономических расчетов на базе единых методических положений и нормативных данных.

Рассмотренный в приложении пример иллюстрирует методические положения и тем самым облегчает проведение расчетов.

Работа предназначена для работников проектных организаций, занимающихся проектированием транспорта метзаводов, а также транспортных управлений и жел.дор. цехов заводов.

Замечания и предложения по материалам настоящих "Методических указаний" просим направлять по адресу: 117331, Москва, пр. Вернадского, 29, Промтрансниипроект.

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью настоящих "Методических указаний" является решение задачи по выявлению сфер применения электрической тяги на железнодорожном транспорте металлургических заводов, т. е. номенклатуры участков, рода тока и величины напряжения, количества и типажа электровозов, числа и мощности тяговых подстанций и ряда других характеристик на основе единых методологических положений и нормативных данных.

"Методические указания" предусматривают решение задачи электрификации для условий:

1) действующих заводов;

2) проектируемых метзаводов;

3) реконструкции или расширении полигона путей завода при вводе в строй новых цехов, установок и др.

Расчет объемов электрификации путей метзаводов является сложной, комплексной и многофакторной задачей, критерием оптимального решения которой являются минимальные приведенные расходы, /4/. В общем виде они определяются как

$$З = Э + к_н C \longrightarrow min, \qquad (I)$$

где $З$ – приведенные расходы, руб.;

Э – годовые эксплуатационные расходы, руб.,

$к_н$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; принимается равным 0,I5, /4/,

C – капиталовложения, руб.

Достаточно большое число участков, перегонов, станции метзаводов приводит к необходимости решения задачи методами перебора и сравнения вариантов.

Весь процесс решения задачи может быть разлит на несколько этапов.

## 2. СТРУКТУРА РЕШЕНИЯ

### 2.I. Исходные данные

Для действующих метзаводов на первом этапе проводится сбор исходных данных, необходимых для технико-эксплуатационной и экономической оценки электрификации отдельных участков завода.

К ним относятся:

I) Схема (план) железнодорожных путей завода.

2) Характеристики основных перегонов и станций:

для перегонов:

длина путей,

число путей,

объемы перевозок (включая субклиентов) в обоих направлениях (частота движения, массы поездов),

структура локомотивного парка (типаж, рабочий парк локомотивов, расход топлива),

профиль пути (подъемы и длины их);

для станций:

число путей,

общая эксплуатационная длина путей станции,

объем работы станций в обоих направлениях (число поступающих и отправляемых поездов, транзитных поездов, число перерабатываемых поездов и вагонов),

число и длина путей к обслуживаемым объектам, отходящих от данной станции (парка),

структура локомотивного парка станции (типаж, рабочий парк, число маневровых и вывозных локомотивов в нем, расход топлива).

3) Габарит приближения строений по высоте в данном районе.

4) Основные сведения об энергоснабжении предприятия, промрайона (наличие и качество резервов электрической мощности на тягу).

5) Вид тяги, напряжение и род тока на примыкающей железной дороге МПС или данные о планируемой ее электрификации, возможность питания вывозных путей завода от тяговой подстанции дороги МПС.

Для вновь проектируемых заводов задача решается в процессе проектирования, после того, как определяются все необходимые для этого данные. Проектирование новых заводов необходимо проводить с учетом электрификации максимально возможного объема путей.

При реконструкции или расширении полигона путей на действующем заводе необходимо иметь характеристики проектируемого путевого развития и прилегающих участков путей.

## 2.2. Выбор рода тока и величины напряжения

Выбор рода тока и величины напряжения определяется совокупностью технико-эксплуатационных факторов.

Электрификация всех путей завода должна осуществляться только на одной системе тока.

Большое количество металлических сооружений, конструкций, многочисленные воздушные и кабельные сети, располагающиеся в непосредственной близости от железнодорожных путей делают постоянный ток наиболее целесообразным для электрификации.

Использование переменного тока напряжением 25 кВ возможно (допустимо) лишь при электрификации вывозных путей и главных сортировочных станций, т.е. путей, не заводящих вглубь территории завода.

Электрификация примыкающей железной дороги МПС на постоянном токе (или планирование ее) фактически однозначно определяет род тока и величину напряжения при электрификации путей завода.

При расширении полигона завода и его электрификации система тока и напряжение сохраняются.

Электрификация (или планирование) примыкающей железной дороги МПС на переменном токе напряжением 25 кВ требует

рассмотреть следующие варианты электрификаций путей завода:

I) если в соответствии с расчетом электрифицируются пути завода, не заходящие вглубь территории завода, не имеющие пересечений с общезаводскими коммуникациями и сооруженные с использованием габарита приближения строений "Сп" /5/, то возможно применение того же рода тока и напряжения, т.е. переменного тока напряжением 25 кВ.

Выпуск маневрово-промышленных электровозов переменного тока на напряжение 25 кВ и постоянного тока на напряжение I,5/3,0 кВ с дизель-генераторными прицепными установками 800 кВт планируется на Днепропетровском электровозостроительном заводе (ДЭВЗ). Конкретные сроки электрификации заводов должны быть согласованы со сроками и объемами выпуска электровозов.

На этих же участках возможно использование магистральных электровозов переменного тока.

2) если электрификация путей завода охватывает внутренние линии со значительным число пересечений с технологическими коммуникациями, то однозначно электрификация проводится на постоянном токе.

Выбор величины напряжения проводится на основании расчетов контактных сетей по допустимому падению напряжения /6,2,I/. На стадии ТЭО допустимо принимать напряжение питания I,5 кВ при радиусах питания, не превышающих 5 км, при больших длинах плеч питания целесообразно электрифицировать пути при напряжении 3 кВ.

## 2.3. Разработка рабочих вариантов электрификации

По схемам путевого развития и движения поездов и маневровых передач завода следует выделить основные типы путей по видам перевозок. Анализ большинства основных типов схем ж.д. сети заводов позволяет достаточно явно выделить следующие типы путей:

I) пути, соединяющие станцию примыкания МПС и станции предприятия (подъездные);

2) заводские сортировочные станции;

3) перегоны, соединительные пути;

4) пути технологических перевозок (скраповозные, агловозные, пути перевозки стали, шлака, слитков и др.).

По схеме путей завода составляется упрощенная схема (граф) основных транспортных элементов сети. На графе станции обозначаются кружками с названиями внутри. Перегоны, соединительные пути обозначаются линиями независимо от числа путей на данном направлении, наличия местных ответвлений и слияния с другими линиями.

На схеме путей завода отбрасываются те элементы путевого развития (станции, парки пути), которые не могут быть электрифицированы по технико-эксплуатационным соображениям. К ним относятся:

участки, имеющие большое число пересечений с общезаводскими коммуникациями, где подвеска контактного провода невозможна;

участки с малыми грузопотоками, весовыми нормами и частотой движения;

участки, на которых в силу пересечений с заводскими коммуникациями необходим переход с контактного режима на автономный (и обратно) более одного-двух раз;

фронты погрузки-разгрузки и подходы к ним, где невозможна подвеска контактного провода по условиям работы кранов или другого оборудования (рыхлители, обогреватели, опрокидыватели);

пути слива нефтепродуктов, химпродуктов и других твердых, жидких и пылеобразующих воспламеняющихся грузов.

На схеме путей завода и графе выделяют (жирными линиями) те участки, которые могут быть в принципе электрифицированы и целесообразность электрификации которых подлежит дальнейшим выяснениям.

Полученная таким образом наборка участков является исходной базой, по которой далее выявляются и составляются все возможные рабочие варианты электрификации путей завода. На этом этапе, при сравнительно небольшом числе отобранных

участков, число вариантов перебора (или что то же, вариантов электрификации участков) может быть достаточно велико, неприемлимо с точки зрения объемов вычислений.

При достаточно большом разнообразии схем путевого развития и, соответственно, элементов графа для отбора практически целесообразных рабочих вариантов электрификации можно руководствоваться следующими наиболее общими правилами:

не рассматривать варианты, при которых чередуются участки с электрической и тепловозной тягой;

не рассматривать варианты электрификации менее грузонапряженных участков без электрификации прилегающих более грузонапряженных,

необходимо образовывать варианты электрификации путем "наращивания" менее грузонапряженных участков к более загруженным.

Кроме этих рекомендаций могут быть приняты во внимание и другие конкретные особенности путевого развития, технологии работы, которые дополнительно сократят число рассчитываемых рабочих вариантов и объемы дальнейших вычислений.

Отметим, что в принципе, внутри каждой электрифицируемой группы путей (как варианта) может быть участок (перегон, станция), электрификация которого может быть рассматриваться отдельно в рамках всех участков.

## 2.4. Выбор типа электровоза

При замене тепловоза на электровоз последний должен иметь сцепную массу (или силу тяги соответствующего режима) и мощность не менее расчетных для данного участка. Для работы на неэлектрифицированных участках путей (в цехах, на складах) электровозы должны иметь источник автономного питания - тяговую аккумуляторную батарею или дизель-генераторную установку, мощностью 25-30% от расчетной мощности контактного режима /I,2/.

Необходимость заезда в цеха с крановым оборудованием, построенных без учета электрификации по габариту "СП" /5/, ограничивает высоту электровозов при опущенных токоприемниках величиной 4700 мм.

На вывозных участках путей заводов, где габарит приближения строений по высоте составляет 5500 мм /5/, возможно использование электровозов высотой 5300 мм.

При наличии станции стыкования типа 25/3 кВ в электровозном парке возможно применение электровозов только постоянного тока.

Невозможность или нецелесообразность строительства станции стыкования на станции примыкания МПС, электрифицированной на переменном токе напряжением 25 кВ, определяет следующие варианты выбора локомотивов на вывозных участках:

I) Применение электровозов на две системе тока (25/3 кВ), при которых вытяжка составов со станции МПС осуществляется на переменном токе до пункта стыкования, а далее - на постоянном токе I,5 или 3,0 кВ. Электровозов такого типа в стране не производится и не планируется, однако следует иметь ввиду возможность заказа таких машин по импорту в рамках СЭВ.

2) Применение сцепа из 2-х электровозов - одного переменного, второго - постоянного тока (система 25+3 кВ). При этом вытяжка составов со станции примыкания до пункта стыкования осуществляется электровозом переменного тока, а далее - электровозом постоянного тока.

3) Применение электровозов с прицепной дизельной секцией (или собственно тепловоза), при которой тытяжка составов со станции примыкания до начала электрифицированного участка проводится на автономной тяге.

4) Применение только тепловозной тяги на вывозных путях. Последний вариант наименее приемлем, т.к. остаются неэлектрифицированными наиболее грузонапряженные линии, увеличивается объем работ на станциях по перецепке локомотивов.

Основные данные маневрово-промышленных тепловозов и электровозов, эксплуатирующихся в настоящее время и перспективных, приведены в приложении 2 /9,I0/.

Для возможности работы на электровозе в одно лицо они имеют поднятую над крышей моторных отсеков кабину, остекленную по всему периметру, два диагонально установленные пульты машиниста с идентичными органами управления и необходимое специфическое оборудование для обслуживания составов и путевых устройств дистанционно из кабины машиниста.

Для более эффективного использования электровозов с одним машинистом на всех участках необходимо оборудование пути соответствующими системами - централизованным дистанционным управлением стрелками, введением СЦБ и связи, датчиками остановки саморазгрузящихся вагонов в установках погрузки или разгрузки и др.

В табл. I приведены сведения по электрификации железных дорог МПС, примыкающих к основным металлургическим заводам страны.

Таблица I

Данные электрификации железных дорог МПС, к которым примыкают пути метзаводов (комбинатов)

| Завод (комбинат) | Род тока | Напряжение, кВ |
|---|---|---|
| I | 2 | 3 |
| Карагандинский | | |
| Череповецкий | | |
| Орско-Халиловский | переменный | 25,0 |
| Новолипецкий | | |
| Магнитогорский | | |
| Оскольский | | |

Продолжение табл. I

| I | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Криворожский | | |
| Им. Ильича (Жданов) | | |
| Азовсталь (Жданов) | постоянный | 3,0 |
| Нижнетагильский | | |
| Челябинский | | |

## 2.5. Расчет технико-эксплуатационных показателей

Для каждого из сформированных расчетных рабочих вариантов электрификации проводится расчет (определение) основных технико-эксплуатационных показателей, необходимых далее для экономической оценки варианта. К основным показателям этой группы для случаев действующих и вновь проектируемых заводов относятся:

I) рабочий и инвентарный парк локомотивов (тепловозов и электровозов) всего завода и их типаж;

2) тип локомотивного (или локомотивно-вагонного) депо, число стойл для ремонта;

3) расход дизельного топлива и электроэнергии. Здесь необходимо иметь ввиду, что часть электровозов будет оснащена дизельгенераторными установками для работы на неэлектрифицированных участках путей.

4) общая эксплуатационная длина электрифицируемых путей для данного варианта, определяемая по плану путей завода;

5) число и тип тяговых подстанций и дежурных пунктов контактной сети;

6) общая длина коммуникаций по защите сооружений, линий СЦБ и связи от влияния тяговых токов.

7) общий объем работ по переоборудованию пути и сооружений в зоне электрификации.

При расширении полигона путей завода число и тип тяговых подстанций, дежурный пункт и тип депо не изменяются, как правило.

Для удобства и наглядности все данные сводятся в таблицы, форма которых выбирается пользователем.

## 2.6. Расчет приведенных затрат

Расчет приведенных затрат по каждому варианту электрификации проводится на основе определенных технико-эксплуатационных показателей. Выбор варианта электрификации проводится по минимальному значению суммы приведенных затрат.

Исходным базовым вариантом для расчетов электрификации на действующих заводах является применяющийся в настоящее время локомотивный парк. Для вновь проектируемых заводов и расширении полигона путей в качестве исходного должен быть вариант с тепловозной тягой на всех участках ("нулевой" вариант).

Для варианта с тепловозной тягой необходимо учитывать следующие статьи затрат:

I) по капиталовложениям:

стоимость инвентарного парка тепловозов,

стоимость строительства тепловозного депо,

2) по текущим расходам.

стоимость содержания рабочего парка, плановых технического обслуживания и ремонтов,

стоимость топлива.

Для рассчитываемых вариантов электрификации (с фактически смешанной тягой) необходимо учитывать следующие статьи затрат:

I) по капиталовложениям:

для вновь проектируемых заводов - стоимость инвентарного парка локомотивов, для действующих - стоимость инвентарного парка за вычетом балансовой цены тепловозов, заменяемых на электровозы и передаваемых на другие предприятия,

для вновь проектируемых заводов - стоимость сооружения депо смешанного (тепловозоэлектровозного) типа, для действующих заводов - стоимость реконструкции тепловозного депо,

стоимость сооружения тяговых подстанций, контактной сети и дежурных пунктов,

стоимость мероприятий по защите от блуждающих токов,

стоимость реконструкции сооружений в зоне электрифицируемых путей,

стоимость сооружения станций стыкования.

2) по эксплуатационным затратам:

стоимость содержания рабочего парка, плановых технического обслуживания и ремонтов,

стоимость топлива и электроэнергии,

стоимость содержания тяговых подстанций, контактной сети и дежурных пунктов энергоснабжения.

Сумма приведенных затрат рассчитывается по формуле

$$З = \sum_{i=1}^{i=m} n_i\,(0{,}15C_i\,\frac{I}{к_и} + И_т + И_э) +$$

$$+(0{,}15C_д + И_д) + L_э(0{,}15C_к + И_к) +$$

$$+ n_п(0{,}15C_п + И_п) + (0{,}15C_о + И_о) +$$

$$+ 0{,}15(C_з + C_т + C_{пк}) + И_{пк} \qquad (2)$$

где $m$ - число серий локомотивов, ед.,

$n_i$ - число локомотивов рабочего парка каждой серии, ед,

$C_i$ - цена локомотива данной серии, тыс.руб.,

$И_т$ - годовые затраты на топлива (электроэнергию) на I локомотив данной серии, тыс.руб.,

$И_э$ - годовые эксплуатационные расходы на содержание одного локомотива,

$C_д$ - затраты на сооружение тепловозного депо при варианте тепловозной тяги. Для вариантов электрификации - затраты на реконструкцию депо для обслуживания и ремонтов электровозов, тыс.руб.

$И_д$ - годовые затраты на содержание депо, тыс.руб.,

$L_э$ - развернутая длина электрифицируемых путей по каждому варианту, км,

$С_к$ - капзатраты на сооружение 1 км длины контактной сети, тыс.руб.

$И_к$ - годовые эксплуатационные расходы на содержание 1 км контактной сети, тыс.руб.

$n_п$ - число тяговых подстанций, ед.,

$С_п$ - стоимость сооружения тяговой подстанции, тыс.руб.

$И_п$ - годовые эксплуатационные расходы на содержание тяговой подстанции, тыс.руб.,

$С_{пк}$ - стоимость сооружения дежурного пункта контактной сети, тыс.руб.,

$И_{пк}$ - годовые затраты на содержание дежурного пункта сети, тыс.руб.,

$С_с$ - стоимость сооружения станции стыкования, тыс.руб.,

$И_с$ - годовые затраты на содержание станции стыкования (пункты стыкования), тыс.руб.,

$С_з$ - капзатраты на проведение мероприятий по защите от блуждающих токов, тыс.руб.,

$С_т$ - капзатраты на реконструкцию заводских коммуникаций в зоне электрификации, тыс.руб.

Данные расчетов сводятся в единую таблицу. Из группы вариантов выбирается вариант с минимальной суммой приведенных расходов. Он и является окончательным.

Если суммы приведенных затрат по сравниваемым вариантам различаются незначительно, то выбор варианта проводят по совокупности натуральных показателей: экономии трудозатрат, производительности труда, расходу энергоресурсов на тягу и т.д.

## 3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА СТАТЕЙ ЗАТРАТ

### 3.I. Локомотивный парк

Характер эксплуатации локомотивов на металлургических заводах (регулярность перевозок, "привязанность" к составу при погрузочно-разгрузочных операциях, большая доля технологических простоев) вынуждает при электрификации заменять тепловозы рабочего парка на электровозы в соотношении I:I. Уменьшение числа электровозов мозможно лишь на участках вывозной работы за счет более высоких реализуемых скоростей движения.

В целом по всему заводу уменьшение числа электровозов определяется повышением надежности и меньшими трудозатратами на обслуживание и ремонт электровозов.

Для вновь проектируемых заводов и вводимых в строй новых участков рабочий парк локомотивов определяется по аналогии с такими же участками на действующих заводах по совокупности характеристик: объему перевозок, дальности, массе поездов и т.п. При отсутствии таких данных рабочий парк определяется известными расчетными методами /7,8/.

С учетом вспомогательного парка (снегоборьба, запас Министерства и др.) инвентарный парк локомотивов $N_{инв}$ определяется как

$$N_{инв.} = K \cdot N_{раб.}, \qquad (3)$$

где $N_{раб}$ – рабочий парк локомотивов, ед.,

$K$ – коэффициент, определяющий соотношение инвентарного и рабочего парка /8/, (табл. 2.).

Таблица 2

Значение коэффициента для расчета инвентарного парка локомотивов

| Рабочий парк | ≤I0 | II-20 | 2I-40 | 4I-80 | >80 |
|---|---|---|---|---|---|
| для тепловозов | I,24 | I,23 | I,2I | I,20 | I,I8 |
| для электровозов | I,I9 | I,I8 | I,I6 | I,I5 | I,I3 |

Инвентарный парк рассчитывается с точностью до 0,I и округляется в сторону ближайшего большего целого числа.

### 3.2. Затраты на содержание локомотивного парка

При расчете вариантов электрификации для сравнения затрат на содержание тепловозов и электровозов в состав годовых расходов следует включать статьи расходов, различные для разных типов машин. К ним относятся:

I) стоимость плановых технических обслуживаний и ремонтов;

2) реновационные отчисления в размере 2,7% в год от стоимости тепловозов и 2,4% - для электровозов;

3) стоимость топлива и электроэнергии,

4) заработная плата локомотивных бригад (если переход на электровозы связан с уменьшением численности бригады - работа "в одно лицо").

Стоимость расходов по указанным статьям затрат для усредненных условий работы на металлургических заводах на период до 2000 года приведена в табл. 3 /II/.

Таблица 3

Расходы на содержание локомотивов (без топлива и электроэнергии), тыс.руб/год

| Вид работы | Маневровая | | | Вывозная | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Всего | в том числе | | Всего | в том числе | |
| | | зарплата лок. бригад | амортизация | | зарплата лок. бригад | амортизация |
| Тепловозы | | | | | | |
| ТГМ23 | 27,5 | 22,5 | 2,5 | 30,6 | 25,3 | 2,5 |
| ТГМ23Б | 3I,3 | 25,I | 3,2 | 34,5 | 28,2 | 3,2 |
| ТГМ3 | 30,6 | 22,5 | 5,3 | 33,3 | 25,3 | 5,3 |
| ТГМ4 | 36,6 | 25,I | 8,2 | 35,9 | 25,3 | 7,3 |
| ТГМ4А | 36,2 | 25,I | 7,8 | 39,6 | 28,2 | 7,8 |
| ТГМ6А | 38,9 | 25,I | I0,3 | 42,4 | 28,2 | I0,3 |
| ТЭМ2 | 33,I | 25,I | 5,0 | 36,5 | 28,2 | 5,0 |
| ТЭ3 | - | - | - | 36,6 | 25,3 | 3,8 |
| ТЭМ7 | 48,2 | 34,I | 9,7 | 54,4 | 39,8 | 9,7 |
| ТЭМI2 | 33,8 | 25,I | 5,6 | 37,2 | 28,2 | 5,6 |
| Электровозы | | | | | | |
| ЕЛ - I | 3I,I | 24,2 | 4,I | 44,0 | 3I,I | 8,9 |
| Д-94 | 30,8 | 24,2 | 3,8 | 34,9 | 27,9 | 3,8 |
| ЕЛ-2 | 29,9 | 24,2 | 3,0 | 34,0 | 27,9 | 3,0 |
| 26Е2М | 3I,2 | 24,2 | 4,2 | 35,3 | 27,9 | 4,2 |
| 2IЕ, I3Е | 30,I | 24,2 | 3,2 | 34,2 | 27,9 | 3,2 |
| Электровозы перспективные мощностью кВт | | | | | | |
| I400 | 43,6 | 26,9 | I2,7 | 48,2 | 3I,I | I2,7 |
| 700 | 38,0 | 26,9 | 7,6 | 42,6 | 3I,I | 7,6 |

В табл.3 заработная плата локомотивной бригады на тепловозе ТЭМ7 принята исходя из численности 3 чел. На перспективных маневрово-промышленных электровозах при работе в одно лицо заработная плата машиниста увеличивается на I0-I5% с учетом обслуживания дизель-генераторной установки.

### 3.3. Расход энергоресурсов на локомотивную тягу

Расчет расхода дизельного топлива тепловозами и электроэнергии электровозами возможен различными методами:

I. По усредненным данным расхода топлива тепловозами на предприятиях черной металлургии /I9/. Данные по расходу топлива приведены в табл. 4.

Таблица 4

Средний годовой расход топлива тепловозами на металлургических заводах

| Тепловоз | Характер работы | Годовой расход натурного топлива на I тепловоз рабочего парка, т |
|---|---|---|
| ТЭ3, ТЭМ7 | Поездная работа | 300-400 |
| ТЭМI, ТЭМ2 (Ic) | Смешанная работа | I40-200 |
| ТГМ6А | Смешанная работа | I20-200 |
| ТГМ3, ТГМ4А | Маневровая работа | I00-I50 |
| ТГМI, ТГМ23Б | Маневровая и хоз. работа | 80-I50 |
| ТГМ23 | То же | I00-I20 |
| ТГК, ТГК2 | То же | 30-50 |

Возможно изменение данных по расходу топлива в табл.4 при разработке новых нормативов или корректировке их по данным обследований.

Этот метод расчета целесообразен для проектируемых заводов. Для действующих заводов возможно определить расход

топлива по фактическим данным заводов (заборным ведомостям).

2. По удельным нормам расхода энергоресурсов. На действующих заводах с известными объемами работы и грузопотоков на отдельных участках расход топлива или электроэнергии А может быть определен как

$$A = B \cdot a_{уд.}, \qquad (4)$$

где $B$ – объем работы (в ткм, вагонах),

$a_{уд.}$ – удельный расход электроэнергии (топлива) на I ткм работы перемещения груза.

На стадии ТЭО для расчетов можно принять следующие значения $a_{уд.}$ /I,2/:

для электровозов с контакторно-реостатным регулированием – 0,080÷0,I50 кВт.ч/т.км,

для электровозов переменного тока и постоянного тока с полупроводниковыми преобразователями – 0,060÷0,I50 кВт.ч/т.км,

для тепловозов – 0,037 кг/т.км/I4/.

Нижняя граница удельного расхода топлива и электроэнергии относится к участкам предприятий с подъемами не более 5 о/оо, верхняя – подъемами в грузовом направлении до I5–20 о/оо.

Для определения объема работы участка в ткм необходимо общий грузопоток в т умножить на длину перевозки в км.

Для определения грузопотока брутто в т по схемам движения поездов и маневровых передач можно считать среднюю массу:

| | |
|---|---|
| 4-х осного вагона | – 84 т, |
| 6-ти осного вагона | – I20 т, |
| 8-м осного вагона | – I60 т, |
| порожних вагонов | – 24 т, |
| порожних платформ | – 20 т. |

3. По усредненным часовым расходам топлива тепловозами на маневровой работе и смешанной в условиях метзаводов. Данные по часовым расходам топлива /9/ приведены в табл.5.

Таблица 5

Часовой расход топлива на маневровой работе тепловозами

| Тепловозы | Расход натурного топлива (кг/ч) |
|---|---|
| ТЭ3(IC), ТЭМI, ТЭМ2 | 35-42 |
| ТГМ6А | I7-25 |
| ТГМ3, ТГМ4 | I6-20 |
| ТГМI, ТГМ23 | I2-I6 |
| ТГК, ТГК2 | 6-I0 |

Нижняя граница часового расхода относится к смешанной работе, верхняя - к маневровой. Общий годовой расход топлива тепловозом определяется умножением часовой нормы расхода на годовую норму часов, определяемую из расчета 2I час в сутки при 2-х сменной круглосуточной работе или нормируемому объему рабочих часов для участков (заводов) с односменной и смешанной работой локомотивов или неполной их часовой загрузке, /I4/.

При выполнении ТЭО и предпроектных расчетов целесообразно пользоваться данными по усредненному годовому расходу топлива, на стадиях проектных - данными по часовому расходу или по объемам грузоперевозок.

При замене тепловозов на участках вывозной работы электротягой расход электроэнергии может быть определен из условия эквивалентности расхода I т горючего и 4000 кВт.ч электроэнергии при совершении равного объема перевозной работы. При замене тепловозов на маневровой работе электровозами расход электроэнергии рассчитывается из соотношения замены I т топлива 2500-3000 кВт.ч за счет отсутствия расхода энергии на холостом ходу и переходных процессах.

Цены на дизельное топливо /I2/ принимаются равными:
для всех союзных республик - 67 руб/т,
для остальных регионов Севера Сибири и Дальнего Востока - 76 руб/т.

Стоимость электроэнергии $C_{эл}$ определяется /I3/по двухставочным тарифам по формуле:

$$C_{эл} = C_N N + A C_э \quad , \qquad (5)$$

где $C_N$ - плата за I кВт максимальной заявленной потребителем мощности, совпадающей с максимумом нагрузки энергосистемы. Под заявленной мощностью понимается наибольшая получасовая мощность в период максимума потребления. Для разных энергосистем $C_N$ = 36-39 руб/кВт;

$N$ - установленная (потребляемая) мощность на тягу, кВт;

$C_э$ - стоимость I кВт.ч электроэнергии; для разных энергосистем стоимость ее составляет 0,25-2,0 коп/кВт.ч;

$A$ - расход электроэнергии на тягу кВт.ч в год.

4. При увеличении объема выпуска конечного вида продукции общий расход энергоресурсов допустимо ориентировочно рассчитывать пропорционально объему увеличения ее выпуска.

Более точный расчет должен учитывать расход топлива (электроэнергии) на перевозки, не связанные с объемом выпуска основной продукции - перевозки порожних вагонов, грузов во вспомогательной структуре завода (ремонтное хозяйство, мусор, обслуживание путевого хозяйства и др.), расход топлива на простоях и другие.

### 3.4. Локомотивное депо

На крупных металлургических заводах в большинстве случаев сооружаются смешанные типовые локомотиво-вагонные депо на следующие количества стойл для локомотивов - I,2,4, 8 и I4.

Типовые проекты депо покрывают потребность в ремонтных мощностях на крупных заводах с общим локомотивным парком более 100 единиц.

Тип депо выбирается исходя из программы ремонта локомотивов.

Стоимость сооружения типовых депо определяется по табл.6, /II/.

Таблица 6

Сметная стоимость строительства тепловозо-вагонных депо, тыс.руб.

| Число стойл | Стоимость строительства |
|---|---|
| I | III |
| 2 | I35 |
| 4 | 430 |
| 8 | I264 |
| I4 | I663 |

Замена части тепловозного парка на электровозы не требует сооружения отдельного электровозного депо и увеличения числа стойл в существующем, поскольку общее число ремонтируемых машин, как правило, сокращается.

Введение электровозов требует расширения и модернизации в существующих депо цехов по ремонту электрооборудования тяговых двигателей, аппаратуры, вспомогательных машин и др.

Стоимость содержания депо приведена в табл. 7, /II/.

Таблица 7

Стоимость содержания тепловозных депо, тыс.руб.

| Число стойл | Стоимость содержания, тыс. руб. |
|---|---|
| 4 | 35 |
| 2 | 68 |
| 4 | 64 |
| 8 | 223 |
| I4 | 35I-4I0 |

### 3.5. Тяговые подстанции

Число тяговых подстанций для питания электрифицированного полигона определяют исходя из общей протяженности электрифицированных путей и радиусов питания подстанций. Под радиусом питания понимается максимальная длина плеча контактной сети от подстанции до токоприемника локомотива при заданном уровне падения напряжения. Величины допустимых радиусов питания могут быть приняты равными /I,2,6/:

для постоянного тока:

при напряжении I,5 кВ - 5 км,

при напряжении 3,0 кВ - I0 км,

для переменного тока

при напряжении 25 кВ - 35-40 км.

На стадии ТЭО число тяговых подстанций может приближенно приниматься по табл. 8, /I,2/.

Таблица 8

Расчет числа тяговых подстанций

| Развернутая длина путей, км | Напряжение | |
|---|---|---|
| | 1,5 кВ | 3,0 кВ |
| 50 | 1 | 1 |
| 50-100 | 1-2 | 1 |
| 100-150 | 2-3 | 1-2 |
| 150-200 | 3-4 | 1-2 |
| 200-250 | 4-5 | 2-3 |
| 250-300 | 5-6 | 2-3 |
| 300-350 | 6-7 | 3-4 |

При определении числа тяговых подстанций необходимо выяснить возможность питания вывозных путей от тяговых подстанций электрифицированной дороги МПС.

Количество тяговых подстанций уточняется по допустимым радиусам питания с учетом схем развития путей завода.

Расчет мощности тяговых подстанций представляет наиболее сложную задачу при расчетах электрификации транспорта метзаводов, требующую достаточно большого объема исходной информации. Поэтому на стадии ТЭО целесообразно пользоваться более простыми, хотя и менее точными методами расчета.

Одним из таких методов является метод коэффициента спроса, /1,2,6/. При использовании указанного метода установленная мощность оборудования тяговой подстанции $P_т$ определяется как

$$P_т = K_c \sum_{1}^{n} P_э K_н , \qquad (6)$$

где $n$ – число электровозов в зоне питания подстанции, ед.,

$P_э$ – мощность электровозов, кВт,

$K_c$ – коэффициент спроса тяговой нагрузки,

$K_н$ – коэффициент неравномерности распределения электровозов между подстанциями, $K_н = 1{,}2$, при одной подстанции $K_н = 1$.

Коэффициент спроса $K_c$ учитывает неодновременность реализации максимальной мощности всеми локомотивами в зоне подстанции. Значение $K_c$ для условий заводов с практически равнинной территорией определяется по табл.9 в зависимости от количества электровозов в зоне подстанции.

Таблица 9

Коэффициент спроса тяговой нагрузки

| Число локомотивов | < 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | ≥ 25 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Коэффициент спроса нагрузки | 0,42 | 0,30 | 0,23 | 0,18 | 0,16 | 0,15 |

Замена тепловозов на заводах будет производиться на электровозы, мощность которых значительно выше мощности тепловозов. Однако, уровень потребляемой мощности электровозом будет определяться действительной нагрузкой (массой составов, скоростью движения), поэтому в формуле (7) следует подставлять значения мощности заменяемых тепловозов по дизелю.

Потребляемый ток I определяется как

$$I = P_T / U \qquad (7)$$

После подсчета потребной мощности на стороне тягового тока определяется количество рабочих выпрямительных агрегатов, принимая мощность одного агрегата при напряжении 1,5кВ – 1650 и 3300 кВт, при напряжении 3 кВ – 10000 и 15000 кВт.

На каждые 2–4 агрегата при напряжении 1,5 кВ принимается 1 такой же резервный, а при напряжении 3 кВ на каждые 1–2 агрегата один такой же резервный.

По рассчитанным значениям мощности, напряжения, тока и числа выпрямительных агрегатов по табл. 10 выбирается тип тяговой подстанции.

Таблица I0

Стоимость строительства тяговых подстанций на период до I995 г.

| Характеристика тяговой подстанции | Установленная мощность, тыс.кВт | Общая стоимость, тыс. руб. | в том числе: | | Годовые расходы на эксплуатацию, тыс. руб. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | электрооб. монтаж тыс.руб | строит. работы тыс. руб. | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| I. Тяговые совмещенные | | | | | |
| обслуживаемые | | | | | |
| 35/6/I,5 кВ 3xI000A | 4,5 | 376 | 28I | 95 | 50 |
| II0/35/6/I,5 кВ 3x2000A | 9,0 | 548 | 4I0 | I38 | 58,6 |
| 35/6/3 кВ 2x3000A | I8,0 | 5I6 | 440 | 76 | 55,8 |
| II0/35/6/3 кВ 2x3000A | I8,0 | 667 | 560 | I07 | 68,4 |
| телеуправляемые | | | | | |
| 35/6/I,5 кВ 3xI000A | 4,5 | 406 | 3II | 9ь | 46,I |
| II0/35/6/I,5 кВ 3x2000A | 9,0 | 576 | 440 | I38 | 47,5 |
| 35/6/3 кВ 2x3000A | I8,0 | 546 | 470 | 76 | 47,I |
| II0/35/6/3 кВ 2x3000A | I8,0 | 697 | 590 | I07 | 56,4 |
| 2. Тяговые несовмещенные | | | | | |
| обслуживаемые | | | | | |
| 35/1,5 кВ 3xI000A | 3,3 | 278 | I95 | 83 | 37,9 |

Продолжение табл. 10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 110/1,5 кВ 3х2000А | 6,6 | 436 | 328 | 107 | 51,5 |
| 35/3 кВ 2х3000А | 9,9 | 474 | 398 | 76 | 51,6 |
| 110/3 кВ 2х3000А | 9,9 | 529 | 438 | 90 | 58,1 |
| телеуправляемые | | | | | |
| 35/1,5 кВ 3х1000А | 4,5 | 308 | 225 | 83 | 31,1 |
| 110/1,5 кВ 3х2000А | 9,0 | 466 | 359 | 107 | 37,0 |
| 35/3 кВ 3х3000А | 18,0 | 504 | 428 | 76 | 44,5 |
| 110/3 кВ 2х3000А | 18,0 | 559 | 468 | 90 | 47,2 |

Персонал обслуживания тяговых подстанций принимается по 3-5 человек на одну подстанцию.

### 3.6. Контактная сеть

В понятие контактная сеть входят все провода, конструкции и оборудование, обеспечивающие передачу тягового тока к электровозам. Сметная стоимость электрификации 1 км развернутой длины пути, в зависимости от типа контактной сети, принимается по табл. 11, /11/.

Таблица II

Сметная стоимость строительства I км контактной сети постоянного тока I,5/3,0 кВ, тыс.руб.

| Тип путей | Число опор на Iкм/ пролет, м | Категория грунта | Подвеска простая компенсированная: Опора металлическая, МФ-100 — I провод | Опора металлическая, МФ-100 — 2 провода | Опоры жел.бетонные, МФ-100 — I провод | Опоры жел.бетонные, МФ-100 — 2 провода |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ходовые пути, перегоны | 25 | I-3 | 6,4 | 7,8 | 5,6 | 7,0 |
| | 40 | 4-7 | 7,0 | 8,4 | 6,6 | 8,0 |
| | 30 | I-3 | 8,3 | 9,9 | 7,3 | 8,0 |
| | 33 | 4-7 | 9,I | I0,7 | 8,6 | I0,I |
| | 40 | I-3 | II,0 | I2,8 | 9,3 | II,I |
| | 25 | 4-7 | II,9 | I3,6 | II,0 | I2,8 |
| | 45 | I-3 | II,9 | I3,7 | I0,3 | I2,2 |
| | 22 | 4-7 | I3,2 | I5,0 | I2,3 | I4,2 |
| | 50 | I-3 | I3,I | I5,I | II,4 | I3,4 |
| | 20 | 4-7 | I4,6 | I6,5 | I3,6 | I5,5 |

| Станционные пути | | | Опоры жел.бетонные, подвеска простая, компенсированная, поперечины жесткие, провод МФ-100: 4 пути — I провод | 4 пути — 2 провода | 5 путей — I провод | 5 путей — 2 провода | 6 путей — I провод | 6 путей — 2 провода |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I6 | I-3 | 9,2 | I0,0 | - | - | - | - |
| | 30 | 4-7 | I0,6 | II,4 | - | - | - | - |
| | I3 | I-3 | 7,7 | 8,4 | 8,4 | 9,2 | - | - |
| | 40 | 4-7 | 8,9 | 9,6 | 9,6 | I0,4 | - | - |

Продолжение табл. II

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | II | I-3 | 6,7 | 7,4 | 7,3 | 8,I | 8,8 | 9,6 |
| | 45 | 4-7 | 7,8 | 8,5 | 8,3 | 9,I | 9,9 | I0,7 |
| | I0 | I-3 | 6,3 | 7,0 | 6,7 | 7,5 | 8,0 | 8,7 |
| | 50 | 4-7 | 7,I | 7,8 | 7,6 | 8,4 | 9,I | 9,8 |
| | 8 | I-3 | - | - | 5,6 | 6,3 | 6,8 | 7,4 |
| | 50 | 4-7 | - | - | 6,4 | 7,I | 7,8 | 8,4 |
| | 7 | I-3 | - | - | - | - | 6,I | 6,7 |
| | 50 | 4-7 | - | - | - | - | 7,0 | 7,6 |

### 3.7. Дежурный пункт контактной сети

На предприятиях с электрической тягой сооружается по одному дежурному пункту контактной сети с мастерской. Стоимость его содержания, строительства и штат принимаются по табл. I2, /I,2,3/.

Таблица I2

Сметные стоимости строительства и содержания дежурного пункта контактной сети

| Развернутая длина контактной сети, км | Стоимость сооружения, тыс.руб. | Расходы на содержание в год, тыс.руб. | Штат, чел. |
|---|---|---|---|
| I20 | 63 | 35 | 2I |
| I2I-I60 | 95 | 56 | 28 |
| I60 | I35 | 78 | 35 |

## 3.8. Вспомогательные работы

Стоимость устройств для защиты от блуждающих токов (заземление, экраны, увеличение проводимости рельсовых цепей и др.) принимаются равными в среднем 5,5 - 6,0 тыс.руб. на I км развернутой длины путей, /2,3/.

## 4. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

I. Технико-экономическое обоснование целесообразности электрической тяги на различных участках внутризаводского транспорта заводов черной металлургии, включая "горячие" перевозки. Исследования вопросов электроснабжения. Тяговое электроснабжение. Т.УI, разд.II: Отчет /Тяжпромэлектропроекта; Руководитель работы Е.В.Хохлов.-Тема работы № 24; № ГР 68008430; Инв. №-. -М.,I97I.- I54 с. Вып. № 3388.

2. СССР. Госстрой СССР. Выбор вида тяги на железных дорогах промышленных предприятий. Методические указания:-М.: ПТПНИИ,1973. -107 с., ил.;7. Вып. № 3802: 200 экз.

3. СССР. Госстрой СССР. Методические указания по выбору системы тока и величины напряжения на электрифицируемых железных дорогах промышленных предприятий: -М.: ПТПНИИ, I976.- 79 с.,ил.;2. Вып. № 4078: I00 экз.

4. Методические указания (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рацпредложений. Утверждена ГК СМ СССР по науке и технике, Госпланом СССР, АН СССР, ГК СМ СССР по делам изобретений и открытий: срок введения I4.2.I977.

5. ГОСТ 9238-83. Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи I520 (I524) мм. - Взамен ГОСТ 9238-73; Введ. OI.07.84;- 27 с. УДК 699.8:72I.OI3: :006.354. Группа Ж83 СССР.

6. Шадрин Н.М. Передвижные контактные сети карьеров. - М.: Наука, I983. - II0 с., ил.; 55.-ИСБН.

7. Технические средства транспорта в металлургии. /Хоружий А.С., Тиверовский В.И., Забелин Г.Д. и др.I/ - М.: Металлургия, I980. - 336 с.,ил.; I09.

8. СССР. Министерство черной металлургии СССР. Нормы технологического проектирования и технико-экономические

показатели железнодорожного транспорта металлургических заводов: БНТП -I-I8-79/-М.:I979.- I23 с.,-ИСБН.

9. Залит Н.Н. Тепловозы промышленного транспорта. Справочник.- 3-е изд., перераб. и доп.-М.:Транспорт, I980.-I86 с.

I0. Прейскурант № 20-0I: Оптовые цены на подвижной состав.- М.: Прейскурантиздат, I982. - 206 с.

II. Разработать системы сопоставимых технико-экономических показателей для отдельных видов транспорта и средств комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ, а также измерителей работы транспортной системы в целом, с выделением показателей для условий работы в Сибири и на Дальнем Востоке: Отчет/Промтрансниипроект; Руководитель работы Нечитайло А.А.-0.54.I7.03; 73 56 СП.-М.,I983. - 206 с. Вып. 5I62-III.-Этап №2.

I2. Прейскурант № 04-02: Оптовые цены на нефтепродукты.- М.: Прейскурантиздат, I983.-I03 с.

I3. Прейскурант № 08-0I: Тарифы на электрическую и тепловую энергию, отпускаемую энергосистемами и электростанциями министерства энергетики и электрификации СССР.- М.:Прейскурантиздат, 79 с.-I980.

I4. Временная инструкция по нормированию расхода топлива на эксплуатацию локомотивов в черной металлургии.М.: Минчермет СССР, I983.-IIс.

Приложение I

## Пример расчета электрификации железнодорожных путей завода (по данным Новолипецкого металлургического комбината)

П.I.I. Исходные данные

НЛМК расположен в средней полосе, имеет две станции примыкания на железной дороге МПС, электрифицированной на переменном токе напряжением 25 кВ. Упрощенная схема (граф) основных путей комбината приведена на рис. Характеристики путевого развития и станций определяются по схеме путей и схеме движения поездов и маршрутных передач.

Общий объем перевозок - I08,8 млн.т.

Все цеха комбината оснащены мостовыми кранами. Все строения на территории путей за исключением вывозных участков и сортировочных станций Новолипецк, Восточная построены без учета электрификации по габариту приближения строений "Сп".

Общее число пересечений путей с общезаводскими коммуникациями более I000 без учета требований электрификации.

Расход топлива годовой - I5500 т.

На заводе имеется тепловозное депо на I3 стойл.

Средства энергоснабжения: ТЭЦ и несколько ГПП, получающих энергию от госсети. Возможно сооружение станции стыкования типа 25/3 кВ или 25/I,5 кВ на базе станции примыкания "Казинка" и "Чугун 2".

Структура локомотивного парка на I.I.I978 г. приведена в табл. П.I.I.

Таблица П.I.I.

Структура локомотивного парка НЛМК

| №№ пп | Наименование района работы локомотивов | Количество машин по видам работ, ед. маневровые | поездные | Тип тепловоза |
|---|---|---|---|---|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 |
| I | Вывозные | - | 4 | 2хТЭМ2 |
| | | - | 6 | IхТЭМ2 |

| I | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 2 | Ст.Новолипецк | - | 5 | ТЭМI |
| | | II | - | ТГМ6 |
| 3 | Ст.Конверторная I | - | 2 | ТГМ6 |
| | | 7 | - | ТГМ3 |
| | | 5 | - | ТГМ6 |
| 4 | Ст.Конверторная II | - | 2 | 2хТЭМ2 |
| | | 8 | - | ТГМ3 |
| | | 6 | - | ТГМ6 |
| 5 | Ст.Сырьевая | - | 2 | 2хТЭМ2 |
| | | - | 2 | ТЭМI |
| | | I4 | - | ТГМ3 |
| 6 | Ст.Доменная I | - | 2 | ТГМ6, ТЭМI,2 |
| | | I4 | - | ТГМ3,6 |
| 7 | Ст.Доменная II | - | 2 | 2хТЭМ2 |
| | | 7 | - | ТГМ3, 6 |
| 8 | Хоз.перевозки, резерв | I | - | ТЭМI, 2 |
| | | 6 | - | ТГМ3,6 |
| | Итого | 79 | 27 | |
| | Всего | | I06 | |

## II.I.2. Выбор рода тока и величины напряжения

В настоящем примере принята возможность сооружения станции стыкования на базе станций примыкания МПС "Казинка" и "Чугун-2".

Большая длина плеч электрифицируемых путей по контактной сети (более I0 км) делает необходимым применение напряжения 3 кВ и определяет тип станции стыкования -- 25/3 кВ.

## П.I.3. Разработка рабочих вариантов электрификации

Анализ схемы путевого развития завода и схемы грузовых передач позволяет достаточно четко выделить следующие группы путей по видам перевозок:

I) Район подъездных путей между станциями Казинка-Новолипецк, Казинка-Восточная, Чугун-2 - Агломератная, Чугун-2 - Новолипецк,

2) Входные сортировочные станции Новолипецк, Агломератная, Восточная,

3) Главные соединительные и кольцевые пути: Агломератная-Доменная, Новолипецк-Сырьевая, Восточная-Южная, Южная-Угольная, Угольная-Тракторная, Доменная-Чугун-I, Чугун-I - Новодоменная, Новодоменная-Южная, Восточная-Новолипецк, Восточная-Агломерационная и входящие в них станции Сырьевая, Доменная, Чугун-I, Новодоменная, Южная;

4) Пути технологических перевозок Доменная-Шлаковая и станция Шлаковая.

Перегон Шлаковая-Тракторная не подлежит электрификации из-за отсутствия штатного грузопотока.

Остальные группы путей завода на данном этапе рассматриваются как не подлежащие электрификации в связи с малой грузонапряженностью.

Используя приведенные выше правила и соображения и рассматривая электрификацию каждой из определенных групп путей, как подвариант электрификации более грузонапряженной группы путей (т.е. идя от вывозных путей внутрь заводских), получим 4 рабочих варианта, которые приведены в табл. П.I.2.

Таблица П.I.2.

Расчетные варианты электрификации путей НЛМЗ

| Вариант | Группа путей | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I | 2 | 3 | 4 |
| I | x | - | - | - |
| 2 | x | x | - | - |
| 3 | x | x | x | - |
| 4 | x | x | x | x |

## П.I.4. Расчет технико-эксплуатационных показателей вариантов электрификации путей НЛМЗ

Анализ технологии работы обслуживаемых цехов завода и локомотивов позволяет выявить в каждой группе путей участки, не подлежащие электрификации, структуру локомотивного парка (тип электровоза, их число), расход топлива и др. Основные технико-эксплуатационные характеристики электрификации в каждой группе путей (I - 4) приведены в табл. П.I.3. показатели вариантов электрификации, рассчитанные на основе данных табл.П.I.3. сведены в табл.П.I.4., где "нулевой" вариант относится к чисто тепловозной тяге и по которому ведется сравнение целесообразности электрификации.

В таблицах приняты следующие схемы энергоснабжения участков по вариантам:

I. Одна тяговая подстанция на все вывозные пути;

2. Одна тяговая подстанция на вывозные пути и сортировочные станции Новолипецк, Агломератная, Восточная;

3. Для электрификации кольцевых и соединительных путей сооружаются еще 2 подстанции, одна из которых (II-ая) питает северную часть кольца с нагрузкой 25 электровозов, другая (III-я) - южную часть кольцевых путей с нагрузкой I8 электровозов;

4. Питание электрифицированных путей станции "Шлаковая" осуществляется от Ш-ей подстанции при нагрузке 23 электровоза.

Таблица П.I.3.

Основные технико-эксплуатационные показатели вариантов электрификации отдельных групп путей, подлежащих электрификации

| Показатель | Ед. изм. | Группа путей | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | 2 | 3 | 4 |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Эксплуатационная длина путей | км | 54 | 50 | II6 | 42 |
| Длина электрифицируемых путей | км | 54 | 42 | I07 | 30 |
| Длина коммуникаций по защите от тяговых токов | км | 4I | 39 | 76 | 0 |
| Рабочий парк электровозов | шт | 9 | II | 43 | 5 |
| Из них электровозов с автономным источником | шт | 0 | 0 | 35 | 5 |
| Расход дизельного топлива на тягу | т/год | 0 | I000 | I000 | I50 |
| Расход электроэнергии на тягу | млн. кВт.ч / год | 9,0 | 5,5 | I7,5 | I,5 |
| Стоимость дизельного топлива (65 руб/т) | тыс.руб. | 0 | 65,0 | 65,0 | 9,8 |
| Стоимость электроэнергии (Iкоп/кВт.ч) | тыс.руб. | 90,0 | 55,0 | I75,0 | I5,0 |
| Стоимость энергоресурсов на тягу | тыс.руб. | 90,0 | I20,0 | 240,0 | 24,8 |
| Суммарная мощность локомотивов | тыс.кВт | 8,0 | 9,9 | 30,I | 4,0 |

Таблица П.I.4.

Технико-эксплуатационные показатели вариантов электрификации

| Показатели | | Ед. изм. | Варианты 0 | I | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Развернутая длина электрифицируемых путей | | км | 0 | 54 | 96 | 203 | 233 |
| Тепловозы | рабочий парк | шт | I06 | 96 | 85 | 42 | 37 |
| | ремонтный парк | шт | I4 | I2,5 | II | 6,3 | 6,3 |
| Электровозы | рабочий парк | шт | 0 | 9 | 20 | 63 | 68 |
| | ремонтный парк | шт | 0 | I | 2,6 | 6,3 | 6,8 |
| Всего локомотивов | рабочий парк | шт | I06 | I05 | I05 | I05 | I05 |
| | ремонтный парк | шт | I4 | I4 | I4 | I3 | I3 |
| | в эксплуатации | шт | I20 | II9 | II9 | II8 | II8 |
| Расход дизельного топлива | | т | I5500 | I3I00 | I0900 | 3300 | 2450 |
| Расход электроэнергии | | млн. кВт.ч | 0 | 9,0 | I4,5 | 32,0 | 33 |
| Число тяговых подстанций | | шт | 0 | I | I | 3 | 3 |
| Длина защитных коммуникаций | | км | 0 | 4I | 80 | I56 | I56 |

продолжение табл. П.I.4.

| I | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Суммарная расчетная мощность локомотивов в зоне подстанций | I-я подст. | тыс. кВт | 0 | 8,0 | I7,9 | I7,9 | I7,9 |
| | 2-я подст. | | 0 | 0 | 0 | 20,0 | 20,0 |
| | 3-я подст. | | 0 | 0 | 0 | I4,4 | I8,4 |
| Число локомотивов в зоне подстанций | I-я подст. | шт | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 |
| | 2-я подст. | | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 |
| | 3-я подст. | | 0 | 0 | 0 | I8 | 23 |
| Коэффициент спроса нагрузки | I-я подст. | - | 0 | 0,22 | 0,I6 | 0,I6 | 0,I6 |
| | 2-я подст. | - | 0 | 0 | 0 | 0,I5 | 0,I5 |
| | 3-я подст. | - | 0 | 0 | 0 | 0,I7 | 0,I5 |
| Расчетная мощность подстанций | I-я подст. | тыс. кВт | 0 | I,I8 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| | 2-я подст. | | 0 | 0 | 0 | 3,6 | 3,6 |
| | 3-я подст. | | 0 | 0 | 0 | 3,0 | 3,2 |
| Длина электрифицируемых путей | | км | 0 | 54 | 96 | 203 | 233 |
| Длина защитных коммуникаций | | км | 0 | 4I | 80 | I56 | I56 |

## П.I.5. Расчет приведенных затрат. Выбор варианта электрификации

На основании технико-эксплуатационных показателей по вариантам электрификации приведен расчет приведенных затрат, представленный в табл. П.I.5.

Таблица П.I.5.

Расчет приведенных затрат по вариантам электрификации, тыс.руб.

| Группа затрат | Статьи затрат | Варианты | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | I | 2 | 3 | 4 |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Капвложения | Тепловозы | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Электровозы | 0 | I282 | 2863 | I0I38 | II060 |
| | Депо (реконструкция) | 0 | II0 | II4 | I48 | I66 |
| | Тяговые подстанции | 0 | 308 | 308 | 924 | 924 |
| | Контактная сеть | 0 | 302 | 538 | II37 | I305 |
| | Дежурный пункт | 0 | 63 | 63 | I35 | I35 |
| | Защитные мероприятия | 0 | I80 | 352 | 686 | 686 |
| | Станция стыкования | 0 | II00 | II00 | II00 | II00 |
| | Тепловозы, передаваемые на другие предприятия* | 0 | -I008 | -2247 | -6734 | -6622 |
| Текущие затраты | Ремонт и содержание локомотивов | 4420 | 4I73 | 3956 | 3073 | 2936 |
| | Дизельное топливо | I038 | 878 | 730 | 22I | I64 |
| | Электроэнергия | 0 | 72 | II6 | 256 | 264 |
| | Содержание депо | 35I | 35I | 35I | 35I | 35I |
| | Тяговые подстанции | 0 | 3I | 3I | 93 | 93 |
| | Контактная сеть | 0 | 32 | 58 | I22 | I40 |
| | Дежурный пункт | 0 | 35 | 35 | 78 | 78 |

Продолжение табл. П.I.5.

| I | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Общие капвложения | | | 0 | 2337 | 3091 | 7534 | 8762 |
| Текущие затрат | | | 5809 | 5572 | 5277 | 4194 | 4026 |
| Приведенные затраты | | тыс.руб. | 5809 | 5922 | 5740 | 5324 | 5340 |
| | | % | I00 | I0I,9 | 98,8 | 9I,6 | 9I,9 |

* приняты условно для расчета экономической эффективности

В дополнение к табл.5 проведена оценка вариантов электрификации в натуральных показателях (табл. П.I.6).

Таблица П.I.6

Расчет показателей вариантов электрификации (в натуральных единицах)

| Показатель | Ед.изм. | Варианты | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | I | 2 | 3 | 4 |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Расход дизельного топлива | тыс.т. / год | I5500 | I3I00 | I0900 | 3300 | 2450 |
| Экономия расхода топлива | тыс.т. / год | 0 | 2400 | 3600 | I2200 | I3050 |
| Расход электроэнергии | млн. кВт.ч / год | 0 | 9,0 | I4,5 | 32,0 | 33,5 |
| Стоимость энергоресурсов на тягу | тыс. руб. / год | I038 | 950 | 846 | 477 | 428 |
| Экономия трудозатрат: | | | | | | |
| локом.бригады | чел. | 0 | 36 | 80 | 252 | 272 |
| дежурн.пункт | чел. | 0 | -2I | -2I | -35 | -35 |
| тяговые п/с | вел. | 0 | -4 | -4 | -I2 | -I2 |

Продолжение табл. П.I.6.

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| рем.бригады | чел. | 0 | 2 | 4 | I3 | I4 |
| Всего | чел. | 0 | I3 | 59 | 2I8 | 240 |
| Общие капвложения | тыс. руб. | 0 | 2337 | 309I | 7534 | 8762 |
| Разница в текущих затратах | руб. | 0 | 237 | 532 | I6I5 | I783 |
| Срок окупаемости | лет | 0 | 9,8 | 5,8 | 4,7 | 4,9 |

При расчете показателей были приняты следующие допущения:

I) Стоимость реконструкции депо на уровне I0% от строительной стоимости депо.

2) Тип тяговых подстанций принимается несовмещенные телеуправляемые.

3) Контактная сеть с простой компенсированной подвеской, на железобетонных опорах, с I проводом МФI00, грунты I-Ш категории с числом опор на I км - 22, со сметной стоимостью строительства 5,6 тыс.руб. на I км и стоимостью содержания 0,6 тыс.руб./км.

4) Стоимость электроэнергии 0,8 коп/кВт.ч.

5) Стоимость содержания электровозов внутризаводского типа снижена на I5 тыс.руб/год за счет эксплуатации их в одно лицо.

6) Доля электровозов, которые предполагается эксплуатировать в одно лицо, оценивается на стадии ТЭО в данном примере на уровне 75%. Перевод части электровозов на работу в одно лицо предусматривает проведение необходимого комплекса мероприятий на самом локомотиве и пути.

Для возможности работы в одно лицо все перспективные маневровые электровозы имеют поднятую кабину, круговое остекление ее, два пульта с двух сторон кабины, наличие специфического оборудования для дистанционного управления автосцепкой электровоза, управление дистанционной разгрузкой

саморазгружающихся вагонов, АЛСН, устройств бдительности машиниста, радио и диспетчерской связи и др.

Пути в электрифицируемых районах завода оснащаются электрической централизацией, устройствами сигнализации остановки вагонов на основных фронтах погрузки и разгрузки, дистанционным управлением стрелок и др.

Сумма затрат на модернизацию путевых структур включается в статью "Защитные мероприятия".

7) Снижение трудозатрат на ремонт электровозов на 0,2 чел./год по сравнению с тепловозами.

8) Балансовая цена передаваемых тепловозов на уровне 70% от их начальной цены.

Анализ технико-эксплуатационных и экономических показателей вариантов электрификации позволяет сделать следующие выводы:

I) Варианты I и 2, при которых электрифицируются незначительные объемы путей, экономически недостаточно эффективны.

2) Варианты 3 и 4 обеспечивают снижение приведенных затрат на 8-9% по сравнению с исходным, что при сроках окупаемости около 5 лет показывает экономическую эффективность указанных вариантов.

3) Наряду с экономической эффективностью варианты 3 и 4 обеспечивают существенное снижение трудозатрат (218 и 240 чел.) и экономию дизельного топлива (I2 и I3 тыс.тонн).

4) В рассматриваемом примере могут быть рекомендованы варианты электрификации 3 или 4 при условии обеспечения капвложений и поставки электровозов нужного типа.

Граф-схема ж.д. путей цеха

Приложение 2

Основные данные промышленных локомотивов

Таблица II.2.I.

Основные данные маневрово-промышленных тепловозов

| Параметры | ТЭ3 | ТГМ6А | ТЭМ7 | ТЭМ12 | ТЭМ1 | ТЭМ2 | ТГМ3А | ТГМ4А | ТГМ23Б | ТГК2 | ТГМ1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | I0 | II | I2 |
| Формула ходовой части | $2(3_0-3_0)$ | 2-2 | $2_0+2_0-2_{0+2_0}$ | 2-2 | $3_0-3_0$ | $3_0-3_0$ | 2-2 | 2-2 | 0-3-0 | 0-2-0 | 0-3-0 |
| Сцепная масса, т | 2xI26 | 90 | I68/I80 | I00 | I20 | I20 | 68 | 68/80 | 44 | 28 | 46 |
| Нагрузка от оси на рельс, тс | 2I | 22,5 | 22/22,5 | 25 | 20 | 20 | I7 | I7/20 | I4,7 | I4 | I5,3 |
| Скорость длительного режима, км/ч | 20 | 8,5/I4 | I0,3 | I0 | 9 | I2 | 7/I5 | 5/I5 | 5/I0 | 5/I0 | 3/I0 |
| Сила тяги длительного режима, тс | 2x20,2 | 25,I / I4,0 | 32 | 24 | 20 | 20,2 | I9,5 / 9,0 | I9,8 / 23 | I3 / 6,5 | 7,3 / 3,6 | II,2 / 5,6 |

Продолжение табл.П.2.I.

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | I0 | II | I2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Конструкционная скорость, км/ч | I00 | 40/80 | I00 | 40/80 | I00 | IC0 | 30/60 | 27/55 | 30/60 | 30/60 | 30/50 |
| Минимальный радиус проходимых кривых,м | I25 | 40 | 80 | 50 | 80 | 80 | 40 | 40 | 60 | 60 | 60 |
| Габарит | I-T | 02-T | I-T | I-T | 0I-T | 0I-T | 02-T | 02-T | 02-T | 03-T | 0I-T |
| Мощность дизеля, л.с. | 2x2000 | I200 | 2000 | I200 | I000 | I200 | 750 | 750 | 500 | 250 | 400 |
| Цена оптовая, тыс.руб. | 230 | I6I | 3I0 | - | - | I44 | - | II8,5 | 50,3 | 28,2 | - |

Таблица П.2.2.

Основные технические данные промышленных электровозов

| Параметр | Ед. изм. | Е-2 | Е-22 | Е-I | Д-94 | Д-I00 | МПОI | МПО2 | МПI | МП2 | МП3 | ВЛ22$^{м(2)}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | I0 | II | I2 | I3 |
| Формула ходовой части | - | $2_0-2_0$ | $2_0-2_0-2_0$ | $2_0+2_0+2_0$ | $2_0-2_0$ | | | $2(2_0-2_0)$ | | $(2_0-2_0)+(2-2)$ | $2_0-2_0$ | $3_0+3_0$ |
| Род тока | - | постоянный | | | переменный | | | | | постоянный | | |
| Номинальное напряжение | кВ | I,5 | I,5/3 | I,5 | | I0,0 | | 25,0 | | I,5/3,0 | | 3,0 |
| Мощность часового режима | кВт | I350 | 2400 | 2020 | I635 | I390 | | 2800 | | I400 | | 2400 |
| Сцепная масса | т | I00 | I60 | I50 | 94 | I00 | | I92 | | I68 | 84 | I32 |
| Осевая нагрузка | тс | 25 | 26 | 25 | 23,5 | 25 | | 23 | | 2I | 2I | 2I |
| Сила тяги часового режима | тс | 23 | 30 | 34,5 | 20 | I6,5 | | 40 | | 20 | | 23,9 |

Продолжение табл. П.2.2.

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | I0 | II | I2 | I3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Скорость часового режима | км/ч | 27,2 | 27,5 | 27,2 | 30 | 3I | | 26,0 | | | | 36 |
| Скорость конструкционная | км/ч | 65 | 65 | 65 | 85 | 70 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 75 |
| Мощность дизель-генератора | кВт | - | - | - | - | - | 800 | 800 | 800 | 800 | | - |
| Минимальный радиус проходимых кривых | м | 50 | 80 | 60 | 80 | 80 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| Цена[I] | тыс. руб | - | - | - | - | - | 204 | 204 | 204 | I80 | I54 | - |

Примечание: I - по данным ДЭВЗа за I98I г.
2 - электровоз магистральный, используется на промышленном транспорте.

Д - 43100 экз. Подписано в печать 07.07.85г. Формат 60 х 84 1/16
Цена 50 коп. Заказ-1378.
Ротапринт Союзводоканалпроект
gost.e-ecolog.ru